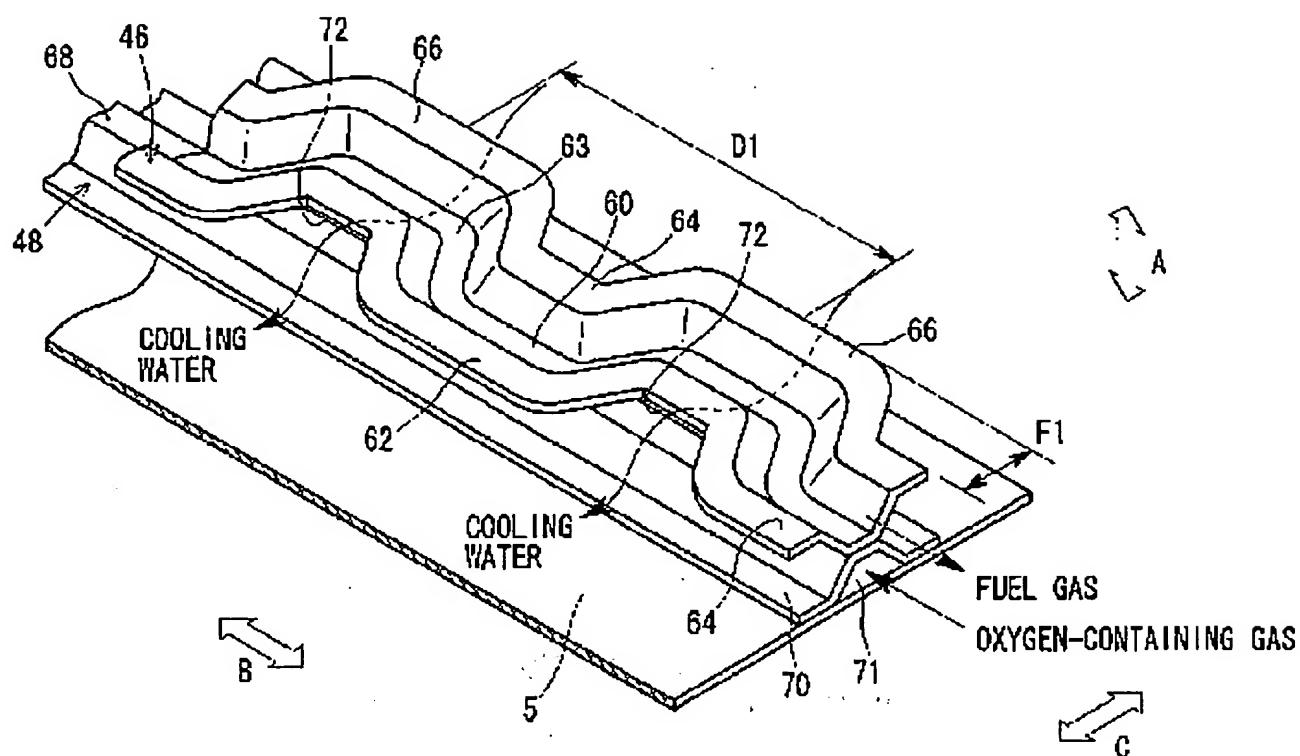


AN: PAT 2004-021832  
TI: Fuel cell has separators with hollow ridges including crest surfaces that are spaced from crest surfaces of bent sections of other ridges, to allow troughs of each separator to communicate through passages  
PN: US2003215695-A1  
PD: 20.11.2003  
AB: NOVELTY - The fuel cell has two separators (46, 48) with hollow spaces to pass a fuel gas and an oxygen-containing gas that are supplied to an anode electrode. The separators include hollow ridges. Crest surfaces of bent sections (66) of one ridge are spaced from the surfaces of the other ridges. The spaced surfaces allow troughs (62, 70) of each separator to communicate through passages by means of which cooling water is passed.; USE - Used for converting chemical energy to electrical energy. ADVANTAGE - The arrangement of the fuel cell allows the cooling water to pass through a stacked assembly without spacers interposed between adjacent units cells in the assembly, thereby decreasing the weight and volume of the fuel cell. The fuel cell is small in size and has high cooling efficiency. Air bubbles introduced into the cooling water can be easily eliminated so that the cooling efficiency is prevented from being lowered. The cooling water passages are not lined up with gas passages, thereby providing a desired level of power generating efficiency. DESCRIPTION OF DRAWING(S)  
- The drawing shows a fragmentary perspective view of a separator stacked on another separator in a fuel cell.  
Separators 46, 48 Hollow ridges 60, 68 Troughs 62, 70 Bent sections 66 Communication passages for cooling water 72  
PA: (HOND ) HONDA GIKEN KOGYO KK; (HOND ) HONDA MOTOR CO LTD;  
IN: ENJOJI N; KOSAKA Y; SUGITA N; SUZUKI M;  
FA: US2003215695-A1 20.11.2003; JP3599280-B2 08.12.2004;  
JP2003338300-A 28.11.2003; CA2428816-A1 17.11.2003;  
**DE10321916-A1** 05.02.2004;  
CO: CA; DE; JP; US;  
IC: H01M-002/18; H01M-008/02; H01M-008/04; H01M-008/10;  
H01M-008/24;  
MC: X16-C16;  
DC: X16;  
FN: 2004021832.gif  
PR: JP0143329 17.05.2002;  
FP: 17.11.2003  
UP: 16.12.2004

THIS PAGE BLANK (USPTO)



THIS PAGE BLANK (USPTO)



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt



(10) DE 103 21 916 A1 2004.02.05

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 103 21 916.1

(51) Int Cl. 7: H01M 8/24

(22) Anmeldetag: 15.05.2003

H01M 8/04

(43) Offenlegungstag: 05.02.2004

(30) Unionspriorität:

2002/143329 17.05.2002 JP

(72) Erfinder:

Suzuki, Masaharu, Wako, Saitama, JP; Enjoji, Naoyuki, Wako, Saitama, JP; Kosaka, Yuichiro, Wako, Saitama, JP; Sugita, Narutoshi, Wako, Saitama, JP

(71) Anmelder:

Honda Giken Kogyo K.K., Tokio/Tokyo, JP

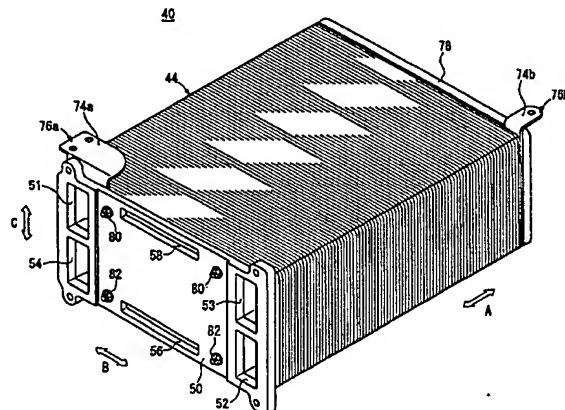
(74) Vertreter:

Weickmann & Weickmann, 81679 München

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: Separatoreinheit und Brennstoffzelle mit Separatoreinheit

(57) Zusammenfassung: Ein erster Separator (46), eine Einheitszelle (42b) und ein zweiter Separator (48) einer weiteren Einheitszelle (42a) sind nebeneinander in einer gestapelten Anordnung (44D) angeordnet. Scheiteloberflächen der geraden Abschnitte (64) der ersten hohlen Rippen (60) des ersten Separators (46) stehen in Kontakt mit den Scheiteloberflächen von zweiten hohlen Rippen (68) des zweiten Separators (48), wobei die Scheiteloberflächen der gebogenen Abschnitte (66) der ersten hohlen Rippen (60) von den Scheiteloberflächen der zweiten hohlen Rippen (68) beabstandet sind. Die beabstandeten Scheiteloberflächen erlauben ersten Vertiefungen (62) des ersten Separators (46) und zweiten Vertiefungen (70) des zweiten Separators (48) miteinander in Verbindung zu stehen, wodurch Verbindungsduchlässe (72) zwischen dem ersten Separator (46) und dem zweiten Separator (48) geschaffen werden. Durch die Verbindungsduchlässe (72) wird Kühlwasser geleitet.



**Beschreibung****HINTERGRUND DER ERFINDUNG****Gebiet der Erfindung**

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Separatoreinheit und eine Brennstoffzelle mit einer Separatoreinheit, und insbesondere auf eine Separatoreinheit, die ein geringes Gewicht und eine kleine Größe aufweist und fähig ist, ein Kühlmittel wie z. B. Kühlwasser so zu führen, dass es längs ihrer Oberfläche strömt, und auf eine Brennstoffzelle mit einer solchen Separatoreinheit.

**Stand der Technik**

[0002] **Fig. 12** der beigefügten Zeichnungen zeigt in einer perspektivischen Explosionsansicht ein Paar Einheitszellen 2 einer typischen Brennstoffzelle 1. Wie in **Fig. 12** gezeigt ist, weist die Brennstoffzelle 1 eine gestapelte Anordnung 3 auf, die mehrere Einheitszellen 2 umfasst, die in Serie miteinander elektrisch verbunden sind und in der durch einen Pfeil A in **Fig. 12** gezeigten Richtung gestapelt sind.

[0003] Jede der Einheitszellen 2 umfasst eine Elektrolytelektrodenanordnung 7, die aus einer Anodenelektrode 4, einer Katodenelektrode 5 und einer Elektrolytschicht 6, die zwischen die Anodenelektrode 4 und die Katodenelektrode 5 eingesetzt ist, gebildet wird, sowie erste und zweite Separatoren 9, 10 aus Metall, die sandwich-artig eine Dichtung 8 aufnehmen, die die Elektrolytelektrodenanordnung 7 aufnimmt und hält.

[0004] Die Anodenelektroden 4 und die Katodenelektroden 5 weisen jeweils eine (nicht gezeigte) Gasdiffusionsschicht auf, die aus Kohlenstoffgewebe oder dergleichen gefertigt ist, sowie eine (nicht gezeigte) Elektrodenkatalysatorschicht, die aus porösen Kohlenstoffpartikeln hergestellt ist, die eine Platinlegierung auf ihren Oberflächen tragen und gleichmäßig auf der Oberfläche der Gasdiffusionsschicht angeordnet sind. Die Anodenelektrode 4 und die Katodenelektrode 5 sind Elektrolytelektroden zur Elektrolytschicht 6, wobei deren Elektrodenkatalysatorschichten über die Elektrodenschicht 6 einander gegenüberliegen. Die Elektrolytschicht 6 umfasst eine feste Polymerionenaustauschmembran in Form einer dünnen Membran aus Perfluor-Schwefelsäure, die mit Wasser imprägniert ist.

[0005] Der erste Separator 9, der zweite Separator 10 und die Dichtung 8 weisen jeweils einen ersten Gaseinlassdurchlass 11 auf, der in einer oberen linken Ecke derselben definiert ist, um ein Brennstoffgas durchzulassen, sowie einen ersten Gasauslassdurchlass 12, der in einer unteren rechten Ecke derselben definiert ist, die der oberen linken Ecke diagonal entgegengesetzt ist, um ein gebrauchtes Brennstoffgas durchzulassen. In ähnlicher Weise weisen der erste Separator 9, der zweite Separator 10 und

die Dichtung 8 jeweils einen zweiten Gaseinlassdurchlass 13, der in einer oberen rechten Ecke derselben definiert ist, um ein sauerstoffhaltiges Gas durchzulassen, und einen zweiten Gasauslassdurchlass 14 auf, der in einer unteren linken Ecke derselben definiert ist, die der oberen rechten Ecke diagonal entgegengesetzt ist, um ein gebrauchtes sauerstoffhaltiges Gas und Wasser (Wasserdampf), der von einer Reaktion zum Erzeugen von elektrischem Strom in der Brennstoffzelle 1 erzeugt worden ist, durchzulassen.

[0006] Der erste Separator 9 weist mehrere erste hohle Rippen 15 auf einer seiner Oberflächen auf, die der Anodenelektrode 4 gegenüberliegt, um das Brennstoffgas (z. B. ein wasserstoffhaltiges Gas, das hauptsächlich aus Wasserstoff besteht) zu und von der Anodenelektrode 4 zuzuführen und abzuführen. Der zweite Separator 10 weist mehrere zweite hohle Rippen 16 auf einer seiner Oberflächen auf, die der Katodenelektrode 5 gegenüberliegt, um das sauerstoffhaltige Gas (z. B. Luft) zu und von der Katodenelektrode 5 zuzuführen und abzuführen. Eine Verzweigungsnu 17 und eine Sammelnut 18 sind zwischen den ersten hohlen Rippen 15, dem ersten Gaseinlassdurchlass 11 und dem ersten Gasauslassdurchlass 12 definiert. In ähnlicher Weise sind eine Verzweigungsnu 19 und eine Sammelnut 20 zwischen den zweiten hohlen Rippen 16, dem zweiten Gaseinlassdurchlass 13 und dem zweiten Gasauslassdurchlass 14 definiert.

[0007] **Fig. 13** der beigefügten Zeichnungen zeigt in einer vergrößerten Teilquerschnittsansicht zwei gestapelte Einheitszellen 2. Wie in **Fig. 13** gezeigt ist, sind die ersten hohlen Rippen 15 und die zweiten hohlen Rippen 16 nacheinander mit ersten Vertiefungen 21 bzw. zweiten Vertiefungen 22, die dazwischen eingesetzt sind, angeordnet. In der gestapelten Anordnung 3 weisen die ersten hohlen Rippen 15 des ersten Separators 9 der oberen Einheitszelle 2 in **Fig. 12** und die zweiten hohlen Rippen 16 des zweiten Separators 10 der unteren Einheitszelle 2 jeweils Scheiteloberflächen auf, die aneinanderliegend gehalten werden.

[0008] Wie in **Fig. 12** gezeigt ist, weisen der erste Separator 9, der zweite Separator 10 und die Dichtung 8 jeweils einen Kühlwassereinlassdurchlass 23 auf, der in einer unteren Ecke derselben definiert ist und sich in der durch einen Pfeil B gezeigten Richtung vom zweiten Gasauslassdurchlass 14 zum ersten Gasauslassdurchlass 12 erstreckt. Der erste Separator 9, der zweite Separator 10 und die Dichtung 8 weisen ferner jeweils einen Kühlwasserauslassdurchlass 24 auf, der in einer oberen Ecke derselben definiert ist und sich in der durch den Pfeil B gezeigten Richtung vom ersten Gaseinlassdurchlass 11 zum ersten Gaseinlassdurchlass 13 erstreckt.

[0009] Zum Betreiben der so aufgebauten Brennstoffzelle 1 werden das Brennstoffgas und das sauerstoffhaltige Gas der Brennstoffzelle 1 jeweils durch den ersten Gaseinlassdurchlass 11 und den ersten

Gaseinlassdurchlass 13 zugeführt. Diese zugeführten Gase werden von den Verzweigungsnoten 17, 19 in die ersten hohen Rippen 15 und die zweiten hohen Rippen 16 verteilt und für eine Reaktion über die Elektrodenkatalysatorschichten der Anodenelektrode 4 und der Katodenelektrode 5 geleitet. Die unverbrauchten Gase werden von den Sammelnuten 18, 19 gesammelt und durch den ersten Gasauslassdurchlass 12 und den zweiten Gasauslassdurchlass 14 abgeführt.

[0010] Wenn die Brennstoffzelle 1 in Betrieb ist, wird ferner ein Kühlmittel, typischerweise Kühlwasser, in die Kühlwassereinlassdurchlässe 23 geleitet. Das eingeleitete Kühlwasser strömt in Stapelrichtung der gestapelten Anordnung 3 und wird anschließend durch die Kühlwasserauslassdurchlässe 24 aus der Brennstoffzelle 1 abgeführt.

[0011] Für ein wirksames Kühren der Einheitszellen 2 wird das Kühlwasser vorzugsweise in der durch einen Pfeil C in **Fig. 12** gezeigten Richtung senkrecht zur Stapelrichtung der gestapelten Anordnung 3 sowie in Stapelrichtung (durch den Pfeil A gezeigt) der gestapelten Anordnung 3 geleitet. Ein Lösungsansatz wäre, das Kühlwasser in der Ebene des ersten Separators 9 und des zweiten Separators 10 von den Kühlwassereinlassdurchlässen 23 zu den Kühlwasserauslassdurchlässen 24 zu leiten.

[0012] Da jedoch die ersten hohen Rippen 15 des ersten Separators 9 der oberen Einheitszelle 2 in **Fig. 12** und die zweiten hohen Rippen 16 des zweiten Separators 10 der unteren Einheitszelle 2 jeweils mit ihren Scheiteleroberflächen aneinanderliegend gehalten werden, würden die aneinanderliegenden Scheiteleroberflächen ein Hindernis für die Strömung des Kühlwassers darstellen. Daher kann das Kühlwasser nicht in der durch den Pfeil C in **Fig. 12** gezeigten Richtung geleitet werden.

[0013] Eine Lösung ist, einen stabförmigen Abstandhalter 25 zwischen dem ersten Separator 9 und dem zweiten Separator 10 zu platzieren, wie in **Fig. 14** der beigefügten Zeichnungen gezeigt ist, der die Scheiteleroberflächen der ersten hohen Rippen 15 und der zweiten hohen Rippen 16 voneinander trennt. Dieser Vorschlag ist jedoch insofern ungünstig, als die Brennstoffzelle 1 aus einer erhöhten Anzahl von Komponenten konstruiert wird und ihr Gewicht und ihr Volumen durch die hinzugefügten Abstandhalter 25 erhöht werden.

[0014] Gemäß einer weiteren Lösung, die in den **Fig. 15** und **16** der beigefügten Zeichnungen gezeigt ist, werden der Kühlwassereinlassdurchlass 23 und der Kühlwasserauslassdurchlass 24 mit dem ersten Gaseinlassdurchlass 11 und dem zweiten Gasauslassdurchlass 14, sowie dem ersten Gasauslassdurchlass 12 und dem zweiten Gaseinlassdurchlass 13 zum Durchlassen des Kühlwassers in Längsrichtung oder diagonal in der gestapelten Anordnung 3 in einer Linie angeordnet. Da jedoch die in den **Fig. 15** und **16** gezeigten Strukturen das Kühlwasser in der gestapelten Anordnung 3 nicht gut verteilen können,

können in das Kühlwasser eingebrachte Luftblasen nicht beseitigt werden, was zu einer Reduktion der Kühlwirkung führt. Ferner sind die Durchlässe 11, 12, 13, 14, 23, 24 in der Größe reduziert, was es schwierig macht, das Brennstoffgas und das sauerstoffhaltige Gas mit einer hohen Rate durchzuleiten, mit dem Ergebnis, dass die Brennstoffzelle 1 eine verringerte Stromerzeugungseffizienz aufweist. Außerdem ist es schwierig, die Positionen der Durchlässe 11, 12, 13, 14, 23, 24 zu ändern. Anders ausgedrückt, die Anordnung der Durchlässe 11, 12, 13, 14, 23, 24 leidet unter einer eingeschränkten Freiheit.

## Aufgabenstellung

### ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0015] Es ist eine Hauptaufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Separatoreinheit zu schaffen, die ein geringes Gewicht und eine kleine Größe aufweist, einer damit kombinierten Brennstoffzelle erlaubt, effizient gekühlt zu werden, und der Brennstoffzelle ermöglicht, elektrischen Strom mit einem gewünschten Effizienzniveau zu erzeugen, sowie eine Brennstoffzelle mit einer solchen Separatoreinheit zu schalten.

[0016] Um die obige Aufgabe zu lösen, wird gemäß der vorliegenden Erfindung eine Brennstoffzelle geschaffen, umfassend: eine gestapelte Anordnung mit mehreren gestapelten Einheitszellen, die jeweils eine Elektrolytelektrodenanordnung, die eine Anodenelektrode, eine Katodenelektrode und eine Elektrolytschicht, die zwischen der Anodenelektrode und der Katodenelektrode eingesetzt ist, umfasst, sowie erste und zweite Separatoren aufweisen, die sandwich-artig die Elektrolytelektrodenanordnung aufnehmen; wobei der erste Separator Hohlräume zum Durchleiten eines der Anodenelektrode zugeführten Brennstoffgases und mehrere längliche erste hohle Rippen mit dazwischen eingesetzten ersten Vertiefungen aufweist; der zweite Separator Hohlräume zum Durchleiten eines der Anodenelektrode zugeführten sauerstoffhaltigen Gases und mehrere längliche zweite hohle Rippen mit dazwischen eingesetzten zweiten Vertiefungen aufweist, wobei die zweiten hohen Rippen sich in derselben Richtung erstrecken wie die ersten hohen Rippen; wenigstens eine der ersten hohen Rippen oder der zweiten hohen Rippen gebogene Abschnitte aufweist, die quer zu der Richtung, in der das Brennstoffgas oder das sauerstoffhaltige Gas strömt, gebogen sind, um Abschnitte der Scheiteleroberflächen der ersten hohen Rippen und Scheiteleroberflächen der zweiten hohen Rippen voneinander zu beabstandet, wobei die Scheiteleroberflächen der ersten hohen Rippen und die Scheiteleroberflächen der zweiten hohen Rippen einander gegenüberliegen und zwischen den Elektrolytelektrodenanordnungen der gestapelten Anordnung nebeneinander angeordnet sind; und wobei die ersten Vertiefungen und die zweiten Vertiefungen über die beabstandeten Abschnitte der Scheiteleroberflächen der

ersten hohlen Rippen und der Scheiteloberflächen der zweiten hohlen Rippen miteinander in Verbindung stehen, so dass durch die ersten Vertiefungen und die zweiten Vertiefungen, die miteinander in Verbindung stehen, ein Kühlmittel strömen kann.

[0017] Mit der obigen Anordnung kann Kühlwasser durch die gestapelte Anordnung geleitet werden, ohne das Abstandhalter zwischen benachbarten Einheitszellen in der gestapelten Anordnung eingesetzt sind. Somit werden das Gewicht und das Volumen der Brennstoffzelle nicht erhöht. Die Brennstoffzelle weist somit ein geringes Gewicht und eine kleine Größe auf, und besitzt eine hohe Kühlungswirkung.

[0018] Luftblasen, die in das Kühlwasser eingeleitet worden sind, können leicht beseitigt werden, so dass eine Verringerung der Kühlwirkung verhindert wird.

[0019] Da die Kühlmitteldurchlässe nicht mit den Gasdurchlässen in einer Linie angeordnet sein müssen, müssen diese Durchlässe in ihren Abmessungen nicht reduziert werden. Als Ergebnis werden die Raten, mit denen das Brennstoffgas und das sauerstoffhaltige Gas strömen, nicht verringert, wodurch der Brennstoffzelle erlaubt wird, ein gewünschtes Niveau an Stromerzeugungseffizienz aufzuweisen. Die Anordnung der Durchlässe erhält ebenfalls die gewünschte Freiheit.

[0020] Die ersten hohlen Rippen und die zweiten hohlen Rippen sind nicht auf irgendwelche Formen beschränkt, insofern, als sie so geformt sind, dass sie die ersten und zweiten Vertiefungen ermöglichen, die miteinander in Verbindung stehen, um die Verbindungs durchlässe zu schaffen. Gemäß einem bevorzugten Beispiel weisen sowohl die ersten hohlen Rippen als auch die zweiten hohlen Rippen gebogene Abschnitte auf, wobei die gebogenen Abschnitte der ersten hohlen Rippen und die gebogenen Abschnitte der zweiten hohlen Rippen die gleiche Amplitude aufweisen und benachbarte gebogene Abschnitte enthalten, die mit dem gleichen Abstand voneinander beabstandet sind, wobei die gebogenen Abschnitte der ersten hohlen Rippen und die gebogenen Abschnitte der zweiten hohlen Rippen zueinander phasenverschoben angeordnet sind.

[0021] Die Amplitude, auf die oben Bezug genommen wird, stellt den Abstand von den aneinanderliegenden Scheiteloberflächen der ersten und zweiten hohlen Rippen zu den Spitzen der gebogenen Abschnitte dar. Die Phase, auf die oben Bezug genommen wird, stellt ein Wiederholungsmuster in regelmäßigen Intervallen dar, wobei die gebogenen Abschnitte, die zueinander phasenverschoben sind, sich auf die gebogenen Abschnitte beziehen, die gegeneinander versetzt sind.

[0022] Alternativ können die ersten hohlen Rippen und die zweiten hohlen Rippen gebogene Abschnitte aufweisen, wobei die gebogenen Abschnitte der ersten hohlen Rippen und die gebogenen Abschnitte der zweiten hohlen Rippen benachbarte gebogene Abschnitte enthalten können, die mit dem gleichen Abstand voneinander beabstandet sind, und wobei die

gebogenen Abschnitte der ersten hohlen Rippen und die gebogenen Abschnitte der zweiten hohlen Rippen verschiedene Amplituden aufweisen können.

[0023] Ferner können alternativ sowohl die ersten hohlen Rippen als auch die zweiten hohlen Rippen gebogene Abschnitte aufweisen, wobei die gebogenen Abschnitte der ersten hohlen Rippen und die gebogenen Abschnitte der zweiten hohlen Rippen die gleiche Amplitude aufweisen können, wobei entweder die gebogenen Abschnitte der ersten hohlen Rippen oder die gebogenen Abschnitte der zweiten hohlen Rippen benachbarte gebogene Abschnitte enthalten können, die mit einem ersten Abstand voneinander beabstandet sind, während die anderen gebogenen Abschnitte benachbarte gebogene Abschnitte enthalten können, die mit einem vom ersten Abstand verschiedenen zweiten Abstand voneinander beabstandet sind.

[0024] Ferner können sowohl die ersten hohlen Rippen als auch die zweiten hohlen Rippen gebogene Abschnitte aufweisen, wobei die gebogenen Abschnitte der ersten hohlen Rippen und die gebogenen Abschnitte der zweiten hohlen Rippen verschiedene Amplituden aufweisen und benachbarte gebogene Abschnitte enthalten können, die mit verschiedenen Abständen voneinander beabstandet sind.

[0025] Da in jedem der obenerwähnten Muster das Kühlmittel durch die Verbindungs durchlässe strömt, kann die Brennstoffzelle effizient gekühlt werden. Eine einzelne Brennstoffzelle kann eine Kombination der obigen Muster enthalten. Zum Beispiel kann eine einzelne Brennstoffzelle ein Muster der ersten und zweiten hohlen Rippen zum Zuführen des Kühlwassers mit einer größeren Rate zu denjenigen Einheitszellen, die mehr Kühlung benötigen, und ein weiteres Muster der ersten und zweiten hohlen Rippen zum Zuführen des Kühlwassers mit einer kleineren Rate zu denjenigen Einheitszellen, die eine geringere Kühlung benötigen, aufweisen.

[0026] Die gebogenen Abschnitte sind nicht auf scharf gebogene Abschnitte begrenzt, sondern können gekrümmte Abschnitte sein. Genauer kann wenigstens eine der ersten hohlen Rippen und der zweiten hohlen Rippen zu einer Sinuswellenform längs der Richtung, in der das Brennstoffgas oder das sauerstoffhaltige Gas strömt, gebogen sein.

[0027] Die Sinuswellenform bezieht sich auf eine Form, die ein Muster von gekrümmten Erhebungen und Vertiefungen in regelmäßigen Intervallen umfasst, z. B. eine Wellenform, die die Beziehung zwischen dem Sinus und dem Winkel einer trigonometrischen Funktion repräsentiert.

[0028] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ferner eine Separatoreinheit in einer Brennstoffzelle mit einer ersten Einheitszelle und einer dazu benachbarten zweiten Einheitszelle geschaffen, wobei jede der Einheitszellen eine Elektrolytelektrodenanordnung, die eine Anodenelektrode, eine Katodenelektrode und eine zwischen der Anodenelektrode und der Katodenelektrode eingesetzte Elektrolytschicht um-

fasst, sowie erste und zweite Separatoren aufweist, die sandwich-artig die Elektrolytelektrodenanordnung aufnehmen, und wobei die Separatoreinheit den ersten Separator in der ersten Einheitszelle und den zweiten Separator in der ersten Einheitszelle umfasst; wobei der erste Separator Hohlräume zum Durchleiten eines der Anodenelektrode zugeführten Brennstoffgases und mehrere längliche erste hohle Rippen mit dazwischen eingesetzten ersten Vertiefungen aufweist; der zweite Separator Hohlräume zum Durchleiten eines der Anodenelektrode zugeführten sauerstoffhaltigen Gases und mehrere längliche zweite hohle Rippen mit dazwischen eingesetzten zweiten Vertiefungen aufweist, wobei die zweiten hohlen Rippen sich in derselben Richtung erstrecken wie die ersten hohlen Rippen; wenigstens eine der ersten hohlen Rippen oder der zweiten hohlen Rippen gebogene Abschnitte aufweist, die quer zu der Richtung, in der das Brennstoffgas oder das sauerstoffhaltige Gas strömt, gebogen sind, um Abschnitte der Scheiteleroberflächen der ersten hohlen Rippen und Scheiteleroberflächen der zweiten hohlen Rippen voneinander zu beabstandet, wobei die Scheiteleroberflächen der ersten hohlen Rippen und die Scheiteleroberflächen der zweiten hohlen Rippen einander gegenüberliegen und zwischen den Elektrolytelektrodenanordnungen der gestapelten Anordnung nebeneinander angeordnet sind; und wobei die ersten Vertiefungen und die zweiten Vertiefungen über die beabstandeten Abschnitte der Scheiteleroberflächen der ersten hohlen Rippen und der Scheiteleroberflächen der zweiten hohlen Rippen miteinander in Verbindung stehen, so dass durch die ersten Vertiefungen und die zweiten Vertiefungen, die miteinander in Verbindung stehen, ein Kühlmittel strömen kann.

[0029] Gemäß einem bevorzugten Beispiel weisen in der obigen Separatoreinheit sowohl die ersten hohlen Rippen als auch die zweiten hohlen Rippen gebogene Abschnitte auf, wobei die gebogenen Abschnitte der ersten hohlen Rippen und die gebogenen Abschnitte der zweiten hohlen Rippen die gleiche Amplitude aufweisen und benachbarte gebogene Abschnitte enthalten, die mit dem gleichen Abstand voneinander beabstandet sind, wobei die gebogenen Abschnitte der ersten hohlen Rippen und die gebogenen Abschnitte der zweiten hohlen Rippen zueinander phasenverschoben angeordnet sind.

[0030] Gemäß einem weiteren bevorzugten Beispiel weisen in der obigen Separatoreinheit sowohl die ersten hohlen Rippen als auch die zweiten hohlen Rippen gebogene Abschnitte auf, wobei die gebogenen Abschnitte der ersten hohlen Rippen und die gebogenen Abschnitte der zweiten hohlen Rippen benachbarte gebogene Abschnitte enthalten, die mit dem gleichen Abstand voneinander beabstandet sind, und wobei die gebogenen Abschnitte der ersten hohlen Rippen und die gebogenen Abschnitte der zweiten hohlen Rippen verschiedene Amplituden aufweisen.

[0031] Gemäß einem weiteren bevorzugten Bei-

spiel weisen in der obigen Separatoreinheit sowohl die ersten hohlen Rippen als auch die zweiten hohlen Rippen gebogene Abschnitte auf, wobei die gebogenen Abschnitte der ersten hohlen Rippen und die gebogenen Abschnitte der zweiten hohlen Rippen die gleiche Amplitude aufweisen, wobei entweder die gebogenen Abschnitte der ersten hohlen Rippen oder die gebogenen Abschnitte der zweiten hohlen Rippen benachbarte gebogene Abschnitte enthalten, die mit einem ersten Abstand voneinander beabstandet sind, während die anderen gebogenen Abschnitte benachbarte gebogene Abschnitte enthalten, die mit einem vom ersten Abstand verschiedenen zweiten Abstand voneinander beabstandet sind.

[0032] Gemäß einem weiteren bevorzugten Beispiel weisen in der obigen Separatoreinheit sowohl die ersten hohlen Rippen als auch die zweiten hohlen Rippen gebogene Abschnitte auf, wobei die gebogenen Abschnitte der ersten hohlen Rippen und die gebogenen Abschnitte der zweiten hohlen Rippen verschiedene Amplituden aufweisen und benachbarte gebogene Abschnitte enthalten, die mit verschiedenen Abständen voneinander beabstandet sind.

[0033] Wenigstens die ersten hohlen Rippen und/oder die zweiten hohlen Rippen können zu einer Sinuswellenform längs der Richtung, in der das Brennstoffgas oder das sauerstoffhaltige Gas strömen, gebogen sein.

#### Ausführungsbeispiel

[0034] Die obigen und weitere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden anhand der folgenden Beschreibung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen deutlich, in welchem bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung als Erläuterungsbeispiel gezeigt sind.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0035] Fig. 1 ist eine perspektivische Ansicht einer Brennstoffzelle gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0036] Fig. 2 ist eine perspektivische Explosionsansicht zweier benachbarter Einheitszellen in einer gestapelten Anordnung der in Fig. 1 gezeigten Brennstoffzelle;

[0037] Fig. 3 ist eine vergrößerte Teilquerschnittsansicht der gestapelten Anordnung der in Fig. 1 gezeigten Brennstoffzelle;

[0038] Fig. 4 ist eine perspektivische Teilansicht eines ersten Separators, der auf einem zweiten Separator in der in Fig. 1 gezeigten Brennstoffzelle gestapelt ist;

[0039] Fig. 5 ist eine perspektivische Explosionsansicht zweier benachbarter Einheitszellen in einer gestapelten Anordnung einer Brennstoffzelle gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0040] Fig. 6 ist eine vergrößerte Teilquerschnitts-

ansicht der gestapelten Anordnung der Brennstoffzelle gemäß der zweiten Ausführungsform;

[0041] Fig. 7 ist eine perspektivische Teilansicht eines ersten Separators, der auf einem zweiten Separator in der Brennstoffzelle gemäß der zweiten Ausführungsform gestapelt ist;

[0042] Fig. 8 ist eine perspektivische Teilansicht eines ersten Separators, der auf einem zweiten Separator in einer gestapelten Anordnung einer Brennstoffzelle gemäß einer Modifikation der zweiten Ausführungsform gestapelt ist;

[0043] Fig. 9 ist eine perspektivische Teilansicht eines ersten Separators, der auf einem zweiten Separator in einer gestapelten Anordnung einer Brennstoffzelle gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gestapelt ist;

[0044] Fig. 10 ist eine perspektivische Teilansicht eines ersten Separators, der auf einem zweiten Separator in einer gestapelten Anordnung einer Brennstoffzelle gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gestapelt ist;

[0045] Fig. 11 ist eine perspektivische Teilansicht eines ersten Separators, der auf einem zweiten Separator in einer gestapelten Anordnung einer Brennstoffzelle gemäß einer fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gestapelt ist;

[0046] Fig. 12 ist eine perspektivische Explosionsansicht zweier benachbarter Einheitszellen in einer gestapelten Anordnung einer herkömmlichen Brennstoffzelle;

[0047] Fig. 13 ist eine vergrößerte Teilquerschnittsansicht der gestapelten Anordnung der in Fig. 12 gezeigten herkömmlichen Brennstoffzelle;

[0048] Fig. 14 ist eine vergrößerte perspektivische Teilschnittansicht einer gestapelten Anordnung einer Brennstoffzelle mit einem zwischen den Einheitszellen eingesetzten Abstandhalter;

[0049] Fig. 15 ist eine Vorderansicht einer gestapelten Anordnung mit einem Kühlwassereinlassdurchlass und einem Kühlwasserauslassdurchlass, die mit einem ersten Gaseinlassdurchlass und einem zweiten Gaseinlassdurchlass sowie einem ersten Gasauslassdurchlass und einem zweiten Gasauslassdurchlass in einer Linie angeordnet sind; und

[0050] Fig. 16 ist eine Vorderansicht einer gestapelten Anordnung mit einem Kühlwassereinlassdurchlass und einem Kühlwasserauslassdurchlass, die mit einem ersten Gaseinlassdurchlass und einem zweiten Gaseinlassdurchlass sowie einem ersten Gasauslassdurchlass und einem zweiten Gasauslassdurchlass in einer Linie angeordnet sind, wobei der Kühlwassereinlassdurchlass und der Kühlwasserauslassdurchlass an anderen Positionen als denjenigen, die in Fig. 15 gezeigt sind, angeordnet sind.

## BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0051] Im Folgenden werden Brennstoffzellen gemäß den bevorzugten Ausführungsformen der vorlie-

genden Erfindung mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen genauer beschrieben. Diejenigen Teile der Brennstoffzellen gemäß den bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, die mit den in den Fig. 12 bis 16 gezeigten Teilen identisch sind, sind mit identischen Bezugszeichen bezeichnet und werden im Folgenden nicht genauer beschrieben.

[0052] Fig. 1 zeigt perspektivisch eine Brennstoffzelle 40 gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Brennstoffzelle 40 weist eine gestapelte Anordnung 44 auf, die mehrere Einheitszellen 42a, 42b umfasst, wie in Fig. 2 gezeigt ist, die elektrisch in Serie miteinander verbunden sind und in der durch den Pfeil A in Fig. 1 gezeigten Richtung gestapelt sind. Die Einheitszellen 42a, 42b sind strukturell zueinander identisch, sind jedoch zu Darstellungszwecken mit verschiedenen Bezugszeichen bezeichnet.

[0053] Wie in Fig. 2 gezeigt ist, umfasst jede der Einheitszellen 42a, 42b eine Elektrolytelektrodenanordnung 7, die aus einer Anodenelektrode 4, einer Katodenelektrode 5 und einer Elektrolytschicht 6, die zwischen der Anodenelektrode 4 und der Katodenelektrode 5 eingesetzt ist, besteht, und erste und zweite Separatoren 46, 48, die sandwich-artig eine Dichtung 8 aufnehmen, die die Elektrolytelektrodenanordnung 7 aufnimmt und hält. In der gestapelten Anordnung 44 sind der zweite Separator 48 der Einheitszelle 42a und der erste Separator 46 der Einheitszelle 42b nebeneinander angeordnet. Der zweite Separator 48 und der erste Separator 46, die nebeneinander angeordnet sind, bilden gemeinsam eine Separator-einheit 49.

[0054] Die Dichtung 8, der erste Separator 46 und der zweite Separator 48 weisen jeweils einen ersten Gaseinlassdurchlass 11, der in einer oberen linken Ecke derselben definiert ist, zum Durchlassen eines Brennstoffgases und einen ersten Gasauslassdurchlass 12, der in einer unteren rechten Ecke derselben diagonal entgegengesetzt zur oberen linken Ecke definiert ist, zum Durchlassen eines gebrauchten Brennstoffgases auf. In ähnlicher Weise weisen jeweils die Dichtung 8, der erste Separator 46 und der zweite Separator 48 einen zweiten Gaseinlassdurchlass 13, der in einer oberen rechten Ecke derselben definiert ist, zum Durchlassen eines sauerstoffhaltigen Gases und einen zweiten Gasauslassdurchlass 14, der in einer unteren linken Ecke derselben diagonal entgegengesetzt zur oberen rechten Ecke definiert ist, zum Durchlassen eines gebrauchten sauerstoffhaltigen Gases auf. Die Dichtung 8, der erste Separator 46 und der zweite Separator 48 weisen jeweils ferner einen Kühlwassereinlassdurchlass 23 auf, der darin definiert ist und sich vom zweiten Gasauslassdurchlass 14 zum ersten Gasauslassdurchlass 12 erstreckt, sowie einen Kühlwasserauslassdurchlass 24, der darin definiert ist und sich vom ersten Gaseinlassdurchlass 11 zum ersten Gaseinlassdurchlass 13 erstreckt. Der Kühlwassereinlassdurch-

lass 23 und der Kühlwasserauslassdurchlass 24 werden ausgebildet, indem Löcher verbunden werden, die sich in der durch den Pfeil B gezeigten Richtung erstrecken.

[0055] Die ersten Gaseinlassdurchlässe 11, die zweiten Gaseinlassdurchlässe 13, die ersten Gasauslassdurchlässe 12, die zweiten Gasauslassdurchlässe 14, die Kühlwassereinlassdurchlässe 23 und die Kühlwasserauslassdurchlässe 24 stehen jeweils mit einer Brennstoffgaszuführungsöffnung 51, einer Brennstoffgasabführungsöffnung 52, einer Zuführungsöffnung 53 für sauerstoffhaltiges Gas, einer Abführungsöffnung 54 für sauerstoffhaltiges Gas, einer Kühlwasserzuführungsöffnung 56 und einer Kühlwasserabführungsöffnung 58 in Verbindung, die in einer Stirnplatte 50 (siehe Fig. 1) der Brennstoffzelle 40 definiert sind.

[0056] Der erste Separator 46 umfasst ein dünnes Metallblech, das in Form gepresst ist. Der erste Separator 46 weist mehrere hohle Rippen 60 auf einer seiner Oberflächen auf, die der Anodenelektrode 4 gegenüber liegt, um das Brennstoffgas zu und von der Anodenelektrode 4 zuzuführen und abzuführen. Der erste Separator 46 weist ferner eine Verzweigungsnot 17 und eine Sammelnut 18 auf, die zwischen den ersten hohlen Rippen 16, den ersten Gaseinlassdurchlass 11 und den ersten Gasauslassdurchlass 12 definiert sind.

[0057] Fig. 3 zeigt in einer vergrößerten Teilschnittansicht zwei Einheitszellen 42a, 42b, die gestapelt sind. Wie in Fig. 3 gezeigt ist, sind die ersten hohlen Rippen 60 der Reihe nach mit den dazwischen angeordneten ersten Vertiefungen 62 angeordnet und weisen Scheiteleroberflächen auf, die in Richtung zum zweiten Separator 48 hervorsteht. Die Scheiteleroberflächen der ersten hohlen Rippen 60 sind somit von der Anodenelektrode 4 beabstandet, wodurch Hohlräume 63 zwischen den ersten hohlen Rippen 60 und der Anodenelektrode 4 geschaffen werden. Das Brennstoffgas strömt durch die Hohlräume 63. Die ersten Vertiefungen 62 weisen Bodenoberflächen auf, die mit der Anodenelektrode 4 in Kontakt sind.

[0058] Wie in den Fig. 2 und 4 gezeigt ist, ist jede der ersten hohlen Rippen 60 in regelmäßigen Intervallen mit einer vorgegebenen Amplitude F1 quer zur Richtung, in der das Brennstoffgas strömt, gebogen. Anders ausgedrückt, jede der ersten hohlen Rippen 60 weist abwechselnd gerade Abschnitte 64 und gebogene Abschnitte 66 auf und erstreckt sich in einem gewundenen Muster von der Verzweigungsnot 17 zur Sammelnut 18.

[0059] Die gebogenen Abschnitte 66 weisen entsprechende Spitzen auf, deren Mitten mit konstanten Abständen D1 beabstandet sind. Benachbarte gebogene Abschnitte 66 sind somit voneinander durch die Abstände D1 beabstandet. Die Abstände zwischen den Mitten der Spitzen benachbarter gebogener Abschnitte 66 wird als Teilung bezeichnet.

[0060] Der zweite Separator 48 umfasst ein dünnes

Metallblech, das in Form gepresst ist. Der zweite Separator 48 weist mehrere hohle Rippen 68 auf einer seiner Oberflächen auf, die der Katodenelektrode 5 gegenüberliegt, um das sauerstoffhaltige Gas zu und von der Katodenelektrode 5 zuzuführen und abzuführen. Der zweite Separator 48 weist ferner eine Verzweigungsnot 19 und eine Sammelnut 20 (siehe Fig. 2) auf, die zwischen den zweiten hohlen Rippen 68, dem zweiten Gaseinlassdurchlass 13 und dem zweiten Gasauslassdurchlass 14 definiert sind.

[0061] Wie in Fig. 3 gezeigt ist, sind die zweiten hohlen Rippen 68 der Reihe nach mit den dazwischen angeordneten zweiten Vertiefungen 70 angeordnet und weisen Scheiteleroberflächen auf, die in Richtung zum ersten Separator 46 hervorsteht. So mit sind die Scheiteleroberflächen der zweiten hohlen Rippen 68 von der Katodenelektrode 5 beabstandet, wodurch Hohlräume 71 zwischen den zweiten hohlen Rippen 68 und der Katodenelektrode 5 geschaffen werden. Das sauerstoffhaltige Gas strömt durch die Hohlräume 71. Die zweiten Vertiefungen 70 weisen Bodenoberflächen auf, die mit der Katodenelektrode 5 in Kontakt sind.

[0062] Wie in den Fig. 2 bis 4 gezeigt ist, erstreckt sich jede der zweiten hohlen Rippen 68 gerade längs der Richtung, in der das sauerstoffhaltige Gas strömt. Wenn die Einheitszellen 42a, 42b gestapelt sind, sind die Scheiteleroberflächen der zweiten hohlen Rippen 68 des zweiten Separators 48 in Kontakt mit den Scheiteleroberflächen der geraden Abschnitte 64 der ersten hohlen Rippen 60 des ersten Separators 46 und von den gebogenen Abschnitten 66 der ersten hohlen Rippen 60 des ersten Separators 46 beabstandet (siehe Fig. 3 und 4). In Fig. 4 sind nur eine der ersten hohlen Rippen 60 und eine der zweiten hohlen Rippen 68 gezeigt.

[0063] Da die Scheiteleroberflächen der zweiten hohlen Rippen 68 des zweiten Separators 48 von den gebogenen Abschnitten 66 der ersten hohlen Rippen 60 des ersten Separators 46 beabstandet sind, stehen die ersten Vertiefungen 62 des ersten Separators 46 und die zweiten Vertiefungen 70 des zweiten Separators 48 miteinander in Verbindung, wodurch Verbindungsduchlässe 72 zwischen dem zweiten Separator 48 und dem ersten Separator 46 längs der durch den Pfeil C in den Fig. 2, 3 und 4 gezeigten Richtung geschaffen werden. Das Kühlwasser strömt durch die Verbindungsduchlässe 72, wie später beschrieben wird.

[0064] Wie in Fig. 1 gezeigt ist, sind Elektrodenanschlüsse 76a, 76b mit jeweiligen Fäden 74a, 74b an den jeweils entgegengesetzten Enden der gestapelten Anordnung 44 montiert, wobei Stirnplatten 50, 78 ebenfalls an den jeweils entgegengesetzten Enden der gestapelten Anordnung 44 mit dazwischen eingesetzten (nicht gezeigten) Isolierplatten zum Verhindern von Kurzschlüssen montiert sind. Wie oben beschrieben worden ist, weist die Stirnplatte 50 die Brennstoffgaszuführungsöffnung 51, die Brennstoffgasabführungsöffnung 52, die Zuführungsöffnung 53

für sauerstoffhaltiges Gas, die Abführungsöffnung 54 für sauerstoffhaltiges Gas, die Kühlwasserzuführungsöffnung 56 und die Kühlwasserabführungsöffnung 58 auf.

[0065] Die gestapelte Anordnung 44 weist mehrere (nicht gezeigte) Durchgangslöcher auf, die darin definiert sind und sich von der Stirnplatte 50 zur Stirnplatte 78 erstrecken. Durch die jeweiligen Durchgangslöcher sind Spannstangen 80 als Befestigungselemente eingesetzt. Auf die Spannstangen 80 sind Muttern 82 geschraubt und befestigen die Stirnplatten 50, 78, um somit die gestapelte Anordnung 44, die Elektrodenanschlüsse 76a, 76b und die Stirnplatten 50, 78 unter Druck zusammen zu halten.

[0066] Eine Brennstoffgasversorgungsquelle und eine Brennstoffgasrückgewinnungseinrichtung (beide nicht gezeigt) sind jeweils mit der Brennstoffgaszuführungsöffnung 51 und der Brennstoffgasabführungsöffnung 52 in der Stirnplatte 50 verbunden. Eine Versorgungsquelle für sauerstoffhaltiges Gas und eine Rückgewinnungseinrichtung für sauerstoffhaltiges Gas (beide nicht gezeigt) sind jeweils mit der Zuführungsöffnung 53 für sauerstoffhaltiges Gas und der Abführungsöffnung 54 für sauerstoffhaltiges Gas in der Stirnplatte 50 verbunden. Eine Kühlwasserversorgungsquelle und eine Kühlwasserrückgewinnungseinrichtung (beide nicht gezeigt) sind jeweils mit der Kühlwasserzuführungsöffnung 56 und der Kühlwasserabführungsöffnung 58 in der Stirnplatte 50 verbunden.

[0067] Die Brennstoffzelle 40 gemäß der ersten Ausführungsform ist im Wesentlichen wie oben beschrieben konstruiert. Die Operation und die Vorteile der Brennstoffzelle 40 werden im Folgenden beschrieben.

[0068] Zum Betreiben der Brennstoffzelle 40 wird die Temperatur der Brennstoffzelle 40 bis auf eine vorgegebene Temperatur erhöht. Anschließend wird das Brennstoffgas, wie z. B. ein wasserstoffhaltiges Gas, von der Brennstoffgaszuführungsöffnung 51 der Brennstoffzelle 40 zugeführt, während das sauerstoffhaltige Gas, wie z. B. Luft, von der Zuführungsöffnung 53 für sauerstoffhaltiges Gas der Brennstoffzelle 40 zugeführt wird und das Kühlwasser von der Kühlwasserzuführungsöffnung 56 der Brennstoffzelle 40 zugeführt wird.

[0069] Das Brennstoffgas wird durch den ersten Gaseinlassdurchlass 11 in die Verzweigungsnot 17 des ersten Separators 46 geleitet und strömt durch die Hohlräume 63 zwischen den ersten hohen Rippen 60 und der Anodenelektrode 4. Anschließend wird der Wasserstoff, der in dem Brennstoffgas enthalten ist, das durch die Gasdiffusionsschicht der Anodenelektrode 4 gelangt ist, auf der Elektrodenkatalysatorschicht entsprechend der folgenden Formel (A) ionisiert, wodurch Wasserstoffionen und Elektronen erzeugt werden:



[0070] Die Wasserstoffionen bewegen sich durch die Elektrolytschicht 6 zur Katodenelektrode 5. Die Elektroden werden durch eine externe Last, wie z. B. einen Motor oder dergleichen, die zwischen der Anodenelektrode 4 und der Katodenelektrode 5 elektrisch angeschlossen ist, entnommen und als elektrische Gleichstromenergie zum Betreiben der externen Last genutzt.

[0071] Das sauerstoffhaltige Gas wird durch den zweiten Gaseinlassdurchlass 13 in die Verzweigungsnot 19 des zweiten Separators 48 geleitet und strömt durch die Hohlräume 71 zwischen den zweiten hohen Rippen 68 und der Katodenelektrode 5. Anschließend reagiert der Sauerstoff, der in dem sauerstoffhaltigen Gas enthalten ist, das durch die Gasdiffusionsschicht der Katodenelektrode gelangt ist, mit den Wasserstoffionen, die durch die Elektrolytschicht 6 gelangt sind, und die Elektronen, die die Katodenelektrode 5 von der externen Last erreicht haben, wodurch gemäß der folgenden Formel (B) Wasser (Wasserdampf) erzeugt wird:



[0072] Die durch die obigen Formeln (A), (B) repräsentierten Reaktionen erzeugen eine elektromotorische Kraft, die die externe Kraft mit Energie versorgt, die mit den Fahnen 74a, 74b der Elektrodenanschlüsse 76°, 76b elektrisch verbunden ist. Das Brennstoffgas und das sauerstoffhaltige Gas, die gebraucht worden sind, werden durch die Sammelnuten 18, 20, den ersten Gaseinlassdurchlass 12 und den zweiten Gaseinlassdurchlass 14 sowie die Brennstoffgasabführungsöffnung 52 und die Abführungsöffnung 54 für sauerstoffhaltiges Gas zur Brennstoffgasrückgewinnungseinrichtung bzw. zur Rückgewinnungseinrichtung für sauerstoffhaltiges Gas befördert.

[0073] Das in den Kühlwassereinlassdurchlass 23 geleitete Kühlwasser tritt zwischen den zweiten Separatoren 48 der Einheitszelle 42a und den ersten Separatoren 46 der Einheitszelle 42b ein. Wie oben beschrieben worden ist, befinden sich mittels der ersten Vertiefungen 62 des ersten Separators 46 und der zweiten Vertiefungen 70 des zweiten Separators 48 Verbindungsduchlässe 72 zwischen den Einheitszellen 42a, 42b. Somit strömt das Kühlwasser, das zwischen den zweiten Separatoren 48 und dem ersten Separatoren 46 eingetreten ist, durch die Verbindungsduchlässe 72 (siehe Fig. 3). Genauer strömt das Kühlwasser durch die Verbindungsduchlässe 72, d. h. zwischen dem zweiten Separator 48 und dem ersten Separator 46, und erreicht anschließend den Kühlwasserauslassdurchlass 24. Somit werden die Stirnflächen des zweiten Separators 48 und des ersten Separators 46 durch das Kühlwasser ausreichend gekühlt.

[0074] Da mit der Brennstoffzelle 40 gemäß der ersten Ausführungsform das Kühlwasser zwischen den gestapelten Einheitszellen 42a, 42b hindurchgeführt

werden kann, kann die Brennstoffzelle 40 effizient gekühlt werden. Da keine Abstandshalter 25 (siehe Fig. 14) nötigt sind, um sie zwischen die Einheitszellen 42a, 42b einzusetzen, werden das Gewicht und das Volumen der Brennstoffzelle 40 nicht erhöht. Da die Verbindungsduchlässe 72 erlauben, dass das Kühlwasser nach Bedarf in der Brennstoffzelle 40 verteilt wird, können in das Kühlwasser eingeleitete Luftblasen leicht beseitigt werden, was verhindert, dass die Kühlwirkung reduziert wird.

[0075] Die Querschnittsflächen der Durchlässe 11, 12, 13, 14, 23, 24 müssen gegenüber denjenigen in der in Fig. 12 gezeigten Brennstoffzelle nicht verändert werden. Folglich strömen das Brennstoffgas und das sauerstoffhaltige Gas mit denselben Raten wie in der Brennstoffzelle 1. Dementsprechend wird die Stromerzeugungseffizienz der Brennstoffzelle 40 auf einem gewünschten Niveau gehalten. Die Anordnung der Durchlässe 11, 12, 13, 14, 23, 24 erhält die gewünschte Freiheit.

[0076] Die ersten hohen Rippen, die sich gerade erstrecken, können auf dem ersten Separator vorgesehen sein, wobei die zweiten hohen Rippen, die gebogene Abschnitte aufweisen, auf dem zweiten Separator vorgesehen sein können, um die gleichen Erscheinungen und Vorteile wie oben beschrieben zu erhalten.

[0077] Im Folgenden wird eine Brennstoffzelle gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf die Fig. 5 bis 7 beschrieben. Diejenigen Teile der Brennstoffzelle gemäß der zweiten Ausführungsform, die identisch mit denjenigen der Brennstoffzelle gemäß der in den Fig. 1 bis 4 gezeigten ersten Ausführungsform sind, sind mit identischen Bezugszeichen bezeichnet und werden im Folgenden nicht genauer beschrieben.

[0078] Wie in Fig. 5 gezeigt ist, enthält die Brennstoffzelle gemäß der zweiten Ausführungsform eine gestapelte Anordnung 90 mit mehreren Einheitszellen 92a, 92b, die in Serie miteinander elektrisch verbunden und in der durch den Pfeil A in Fig. 5 gezeigten Richtung gestapelt sind. Obwohl die Einheitszellen 92a, 92b strukturelle zueinander identisch sind, sind sie zu Darstellungszwecken mit verschiedenen Bezugszeichen bezeichnet.

[0079] Fig. 6 zeigt in einer vergrößerten Teilquerschnittsansicht zwei Einheitszellen 92a, 92b, die gestapelt sind. Wie in Fig. 6 gezeigt ist, weist der erste Separator 94 mehrere erste hohle Rippen 100 auf, die der Reihe nach mit dazwischen angeordneten ersten Vertiefungen 96 angeordnet sind und Scheiteloberflächen aufweisen, die in Richtung zum zweiten Separator 98 hervorstehen.

[0080] Wie in den Fig. 5 und 7 gezeigt ist, weist jede der ersten hohen Rippen 100 eine Sinuswellenform auf, die in regelmäßigen Intervallen mit einer vorgegebenen Amplitude F2 gebogen ist. Die ersten hohen Rippen 100 weisen eine Teilung D2 für alle gebogenen Abschnitte derselben auf.

[0081] Der zweite Separator 98 weist mehrere zweite hohle Rippen 104 auf, die der Reihe nach mit dazwischen angeordneten zweiten Vertiefungen 102 angeordnet sind und Scheiteloberflächen aufweisen, die in Richtung zum ersten Separator 94 hervorstehen (siehe Fig. 6). Der zweite Separator 98 und der erste Separator 94 bilden gemeinsam eine Separatoreinheit 105.

[0082] Jede der zweiten hohen Rippen 104 weist eine Sinuswellenform auf, die in regelmäßigen Intervallen mit der vorgegebenen Amplitude F2 gebogen ist, und weist die Teilung D2 auf, wie bei den ersten hohen Rippen 100. Die zweiten hohen Rippen 104 sind jedoch bezüglich der ersten hohen Rippen 100 phasenverschoben, d. h. bezüglich der ersten hohen Rippen 100 versetzt angeordnet. Die Scheiteloberflächen der zweiten hohen Rippen 104 und die Scheiteloberflächen der ersten hohen Rippen 100 sind in Regionen miteinander in Kontakt, in denen sie sich kreuzen, und sind in den anderen Regionen, in denen sie sich nicht kreuzen, voneinander beabstandet. Die Scheiteloberflächen der zweiten hohen Rippen 104 und die Scheiteloberflächen der ersten hohen Rippen 100, die voneinander beabstandet sind, ermöglichen, dass die ersten Vertiefungen 96 und die zweiten Vertiefungen 102 miteinander in Verbindung stehen, wodurch Verbindungsduchlässe 72 zum Hindurchfließen von Kühlwasser geschaffen werden.

[0083] In der zweiten Ausführungsform sind sowohl die ersten hohen Rippen 100 als auch die zweiten hohen Rippen 104 zu einem geschlängelten Muster gebogen, um dem Kühlwasser, das zwischen die Einheitszellen 92a, 92b eingetreten ist, zu erlauben, in der durch den Pfeil C gezeigten Richtung zu strömen. Da die Verbindungsduchlässe 72 durch die ersten hohen Rippen 100 und die zweiten hohen Rippen 104, die gebogen sind, geschaffen werden, kann das Kühlwasser mit einer höheren Rate strömen als bei der Brennstoffzelle 40 gemäß der ersten Ausführungsform. Somit ist die Kühlwasserwirkung der Brennstoffzelle gemäß der zweiten Ausführungsform höher.

[0084] In der zweiten Ausführungsform brauchen die ersten hohen Rippen 100 und die zweiten hohen Rippen 104 nicht unbedingt eine Sinuswellenform aufweisen, sondern können alternierend gerade Abschnitte 64 und gebogene Abschnitte 66 aufweisen, wie in Fig. 8 gezeigt ist.

[0085] Die Amplituden und Teilungen der ersten hohen Rippen und der zweiten hohen Rippen können so gewählt werden, dass die ersten Vertiefungen und die zweiten Vertiefungen miteinander in Verbindung stehen, wodurch die Verbindungsduchlässe 72 geschaffen werden. Wie z. B. in Fig. 9 gezeigt ist, können eine erste hohle Rippe 106 und einen zweiten hohlen Rippe 108 eine gemeinsame Teilung D4 aufweisen, die erste hohle Rippe 106 kann eine Amplitude F3 aufweisen und die zweite hohle Rippe 108 kann eine Amplitude F4 etwas kleiner als die Amplitude F3 aufweisen, wodurch die Verbindungsduchlässe 72 geschaffen werden.

[0086] Alternativ, wie in **Fig. 10** gezeigt ist, können eine erste hohle Rippe **110** und eine zweite hohle Rippe **112** eine gemeinsame Amplitude F5 aufweisen, während die erste hohle Rippe **110** eine Teilung D5 aufweisen kann und die zweite hohle Rippe **112** eine Teilung D6 etwas größer als die Teilung D5 aufweisen kann, wodurch die Verbindungs durchlässe **72** geschaffen werden.

[0087] Wie in **Fig. 11** gezeigt ist, kann ferner alternativ eine erste hohle Rippe **114** eine Amplitude F6 aufweisen, während eine zweite hohle Rippe **116** eine Amplitude F7 etwas kleiner als die Amplitude F6 aufweisen kann, die erste hohle Rippe **114** eine Teilung D7 aufweisen kann, und die zweite hohle Rippe **116** eine Teilung D8 etwas kleiner als die Teilung D7 aufweisen kann, wodurch die Verbindungs durchlässe **72** geschaffen werden.

[0088] Eine der ersten hohlen Rippen **106, 110, 114** oder eine der zweiten hohlen Rippen **108, 112, 116** kann eine Sinuswellenform aufweisen. Alternativ können diese ersten hohlen Rippen und die zweiten hohlen Rippen zueinander phasenverschoben sein.

[0089] Die Rate, mit der das Kühlwasser strömt, kann durch auswählen der Formen der ersten hohlen Rippen und der zweiten hohlen Rippen eingestellt werden. Eine einzelne Brennstoffzelle kann ein Muster erster und zweiter hohler Rippen zum Zuführen von Kühlwasser mit einer größeren Rate zu denjenigen Einheitszellen, die mehr Kühlung benötigen, und ein weiteres Muster erster und zweiter hohler Rippen zum Zuführen des Kühlwassers mit einer kleineren Rate zu denjenigen Zellen, die weniger Kühlung benötigen, aufweisen. Auf diese Weise weist die Brennstoffzelle verschiedene Kühlungseffizienzen für verschiedene darin befindliche Bereiche oder Einheitszellen auf.

[0090] In jeder der obigen Ausführungsformen ist Kühlwasser als Kühlmittel zum Kühlen der Brennstoffzelle dargestellt. Es kann jedoch auch ein weiteres Fluid, wie z. B. Ethylenglykol, Öl oder dergleichen, als Kühlmittel verwendet werden.

[0091] Ein erster Separator **(46)**, eine Einheitszelle **(42b)** und ein zweiter Separator **(48)** einer weiteren Einheitszelle **(42a)** sind nebeneinander in einer gestapelten Anordnung **(44)** angeordnet. Scheiteloberflächen der geraden Abschnitte **(64)** der ersten hohlen Rippen **(60)** des ersten Separators **(46)** stehen in Kontakt mit den Scheiteloberflächen von zweiten hohlen Rippen **(68)** des zweiten Separators **(48)**, wobei die Scheiteloberflächen der gebogenen Abschnitte **(66)** der ersten hohlen Rippen **(60)** von den Scheiteloberflächen der zweiten hohlen Rippen **(68)** beabstandet sind. Die beabstandeten Scheiteloberflächen erlauben ersten Vertiefungen **(62)** des ersten Separators **(46)** und zweiten Vertiefungen **(70)** des zweiten Separators **(48)**, miteinander in Verbindung zu stehen, wodurch Verbindungs durchlässe **(72)** zwischen dem ersten Separator **(46)** und dem zweiten Separator **(48)** geschaffen werden. Durch die Verbindungs durchlässe **(72)** wird Kühlwasser geleitet.

## Patentansprüche

1. Brennstoffzelle **(40)** umfassend: eine gestapelte Anordnung **(44)** mit mehreren gestapelten Einheitszellen, die jeweils eine Elektrolytelektrodenanordnung **(7)**, die eine Anodenelektrode **(4)**, eine Katodenelektrode **(5)** und eine Elektrolytschicht **(6)**, die zwischen der Anodenelektrode **(4)** und der Katodenelektrode **(5)** eingesetzt ist, umfasst, sowie erste und zweite Separatoren **(46, 48)** aufweisen, die sandwich-artig die Elektrolytelektrodenanordnung **(7)** aufnehmen; wobei der erste Separator **(46)** Hohlräume **(63)** zum Durchleiten eines der Anodenelektrode **(4)** zugeführten Brennstoffgases und mehrere längliche erste hohle Rippen **(60)** mit dazwischen eingesetzten ersten Vertiefungen **(62)** aufweist; der zweite Separator **(48)** Hohlräume **(71)** zum Durchleiten eines der Anodenelektrode **(4)** zugeführten sauerstoffhaltigen Gases und mehrere längliche zweite hohle Rippen **(68)** mit dazwischen eingesetzten zweiten Vertiefungen **(70)** aufweist, wobei die zweiten hohlen Rippen **(68)** sich in derselben Richtung erstrecken wie die ersten hohlen Rippen **(60)**; wenigstens eine der ersten hohlen Rippen **(60)** oder der zweiten hohlen Rippen **(68)** gebogene Abschnitte **(66)** aufweist, die quer zu der Richtung, in der das Brennstoffgas oder das sauerstoffhaltige Gas strömt, gebogen sind, um Abschnitte der Scheiteloberflächen der ersten hohlen Rippen **(60)** und Scheiteloberflächen der zweiten hohlen Rippen **(68)** voneinander zu beabstandet, wobei die Scheiteloberflächen der ersten hohlen Rippen **(60)** und die Scheiteloberflächen der zweiten hohlen Rippen **(68)** einander gegenüberliegen und zwischen den Elektrolytelektrodenanordnungen **(7)** der gestapelten Anordnung **(44)** nebeneinander angeordnet sind; und wobei die ersten Vertiefungen **(62)** und die zweiten Vertiefungen **(70)** über die beabstandeten Abschnitte der Scheiteloberflächen der ersten hohlen Rippen **(60)** und der Scheiteloberflächen der zweiten hohlen Rippen **(68)** miteinander in Verbindung stehen, so dass durch die ersten Vertiefungen **(62)** und die zweiten Vertiefungen **(70)**, die miteinander in Verbindung stehen, ein Kühlmittel strömen kann.

2. Brennstoffzelle **(40)** nach Anspruch 1, bei der sowohl die ersten hohlen Rippen **(100)** als auch die zweiten hohlen Rippen **(104)** gebogene Abschnitte aufweisen, wobei die gebogenen Abschnitte der ersten hohlen Rippen **(100)** und die gebogenen Abschnitte der zweiten hohlen Rippen **(104)** die gleiche Amplitude aufweisen und benachbarte gebogene Abschnitte enthalten, die mit dem gleichen Abstand voneinander beabstandet sind, wobei die gebogenen Abschnitte der ersten hohlen Rippen **(100)** und die gebogenen Abschnitte der zweiten hohlen Rippen **(104)** zueinander phasenverschoben angeordnet

sind.

3. Brennstoffzelle (40) nach Anspruch 1, bei der sowohl die ersten hohen Rippen (106) als auch die zweiten hohen Rippen (108) gebogene Abschnitte aufweisen, wobei die gebogenen Abschnitte der ersten hohen Rippen (106) und die gebogenen Abschnitte der zweiten hohen Rippen (108) benachbarte gebogene Abschnitte enthalten, die mit dem gleichen Abstand voneinander beabstandet sind, und wobei die gebogenen Abschnitte der ersten hohen Rippen (106) und die gebogenen Abschnitte der zweiten hohen Rippen (108) verschiedene Amplituden aufweisen.

4. Brennstoffzelle (40) nach Anspruch 1, bei der sowohl die ersten hohen Rippen (110) als auch die zweiten hohen Rippen (112) gebogene Abschnitte aufweisen, wobei die gebogenen Abschnitte der ersten hohen Rippen (110) und die gebogenen Abschnitte der zweiten hohen Rippen (112) die gleiche Amplitude aufweisen, wobei entweder die gebogenen Abschnitte der ersten hohen Rippen (110) oder die gebogenen Abschnitte der zweiten hohen Rippen (112) benachbarte gebogene Abschnitte enthalten, die mit einem ersten Abstand voneinander beabstandet sind, während die anderen gebogenen Abschnitte benachbarte gebogene Abschnitte enthalten, die mit einem vom ersten Abstand verschiedenen zweiten Abstand voneinander beabstandet sind.

5. Brennstoffzelle (40) nach Anspruch 1, bei der sowohl die ersten hohen Rippen (114) als auch die zweiten hohen Rippen (116) gebogene Abschnitte aufweisen, wobei die gebogenen Abschnitte der ersten hohen Rippen (114) und die gebogenen Abschnitte der zweiten hohen Rippen (116) verschiedene Amplituden aufweisen und benachbarte gebogene Abschnitte enthalten, die mit verschiedenen Abständen voneinander beabstandet sind.

6. Brennstoffzelle (40) nach Anspruch 1, bei der wenigstens eine der ersten hohen Rippen (100) und der zweiten hohen Rippen (104) zu einer Sinuswellenform längs der Richtung, in der das Brennstoffgas oder das sauerstoffhaltige Gas strömt, gebogen ist.

7. Separatoreinheit (49) in einer Brennstoffzelle (40), die eine erste Einheitszelle (42a) und eine dazu benachbart angeordnete zweite Einheitszelle (42b) aufweist, wobei jede der Einheitszellen (42a, 42b) eine Elektrolytelektrodenanordnung (7), die eine Anodenelektrode (4), eine Katodenelektrode (5) und eine zwischen der Anodenelektrode (4) und der Katodenelektrode (5) eingesetzte Elektrolytschicht (6) umfasst, sowie erste und zweite Separatoren (46, 48) aufweist, die sandwich-artig die Elektrolytelektrodenanordnung (7) aufnehmen, und wobei die Separatoreinheit (49) den ersten Separator (46) in der ersten Einheitszelle (42a) und den zweiten Separator (48) in

der ersten Einheitszelle (42b) umfasst; wobei der erste Separator (46) Hohlräume (63) zum Durchleiten eines der Anodenelektrode (4) zugeführten Brennstoffgases und mehrere längliche erste hohle Rippen (60) mit dazwischen eingesetzten ersten Vertiefungen (62) aufweist; der zweite Separator (48) Hohlräume (71) zum Durchleiten eines der Anodenelektrode (4) zugeführten sauerstoffhaltigen Gases und mehrere längliche zweite hohle Rippen (68) mit dazwischen eingesetzten zweiten Vertiefungen (70) aufweist, wobei die zweiten hohen Rippen (68) sich in derselben Richtung erstrecken wie die ersten hohen Rippen (60); wenigstens eine der ersten hohen Rippen (60) oder der zweiten hohen Rippen (68) gebogene Abschnitte (66) aufweist, die quer zu der Richtung, in der das Brennstoffgas oder das sauerstoffhaltige Gas strömt, gebogen sind, um Abschnitte der Scheiteloberflächen der ersten hohen Rippen (60) und Scheiteloberflächen der zweiten hohen Rippen (68) voneinander zu beabstandet, wobei die Scheiteloberflächen der ersten hohen Rippen (60) und die Scheiteloberflächen der zweiten hohen Rippen einander gegenüberliegen und zwischen den Elektrolytelektrodenanordnungen (7) der gestapelten Anordnung (44) nebeneinander angeordnet sind; und wobei die ersten Vertiefungen (62) und die zweiten Vertiefungen (70) über die beabstandeten Abschnitte der Scheiteloberflächen der ersten hohen Rippen (60) und der Scheiteloberflächen der zweiten hohen Rippen (68) miteinander in Verbindung stehen, so dass durch die ersten Vertiefungen (62) und die zweiten Vertiefungen (70), die miteinander in Verbindung stehen, ein Kühlmittel strömen kann.

8. Separatoreinheit (49) nach Anspruch 7, bei der sowohl die ersten hohen Rippen (100) als auch die zweiten hohen Rippen (104) gebogene Abschnitte aufweisen, wobei die gebogenen Abschnitte der ersten hohen Rippen (100) und die gebogenen Abschnitte der zweiten hohen Rippen (104) die gleiche Amplitude aufweisen und benachbarte gebogene Abschnitte enthalten, die mit dem gleichen Abstand voneinander beabstandet sind, wobei die gebogenen Abschnitte der ersten hohen Rippen (100) und die gebogenen Abschnitte der zweiten hohen Rippen (104) zueinander phasenverschoben angeordnet sind.

9. Separatoreinheit (49) nach Anspruch 7, bei der sowohl die ersten hohen Rippen (106) als auch die zweiten hohen Rippen (108) gebogene Abschnitte aufweisen, wobei die gebogenen Abschnitte der ersten hohen Rippen (106) und die gebogenen Abschnitte der zweiten hohen Rippen (108) benachbarte gebogene Abschnitte enthalten, die mit dem gleichen Abstand voneinander beabstandet sind, und wobei die gebogenen Abschnitte der ersten hohen Rippen (106) und die gebogenen Abschnitte der zweiten hohen Rippen (108) verschiedene Amplituden aufweisen.

den aufweisen.

10. Separatoreinheit (49) nach Anspruch 7, bei der sowohl die ersten hohlen Rippen (110) als auch die zweiten hohlen Rippen (112) gebogene Abschnitte aufweisen, wobei die gebogenen Abschnitte der ersten hohlen Rippen (110) und die gebogenen Abschnitte der zweiten hohlen Rippen (112) die gleiche Amplitude aufweisen, wobei entweder die gebogenen Abschnitte der ersten hohlen Rippen (110) oder die gebogenen Abschnitte der zweiten hohlen Rippen (112) benachbarte gebogene Abschnitte enthalten, die mit einem ersten Abstand voneinander beabstandet sind, während die anderen gebogenen Abschnitte benachbarte gebogene Abschnitte enthalten, die mit einem vom ersten Abstand verschiedenen zweiten Abstand voneinander beabstandet sind.

11. Separatoreinheit (49) nach Anspruch 7, bei der sowohl die ersten hohlen Rippen (114) als auch die zweiten hohlen Rippen (116) gebogene Abschnitte aufweisen, wobei die gebogenen Abschnitte der ersten hohlen Rippen (114) und die gebogenen Abschnitte der zweiten hohlen Rippen (116) verschiedene Amplituden aufweisen und benachbarte gebogene Abschnitte enthalten, die mit verschiedenen Abständen voneinander beabstandet sind.

12. Separatoreinheit (49) nach Anspruch 7, bei der wenigstens eine der ersten hohlen Rippen (100) und der zweiten hohlen Rippen (104) zu einer Sinuswellenform längs der Richtung, in der das Brennstoffgas oder das sauerstoffhaltige Gas strömt, gebogen ist.

Es folgen 16 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

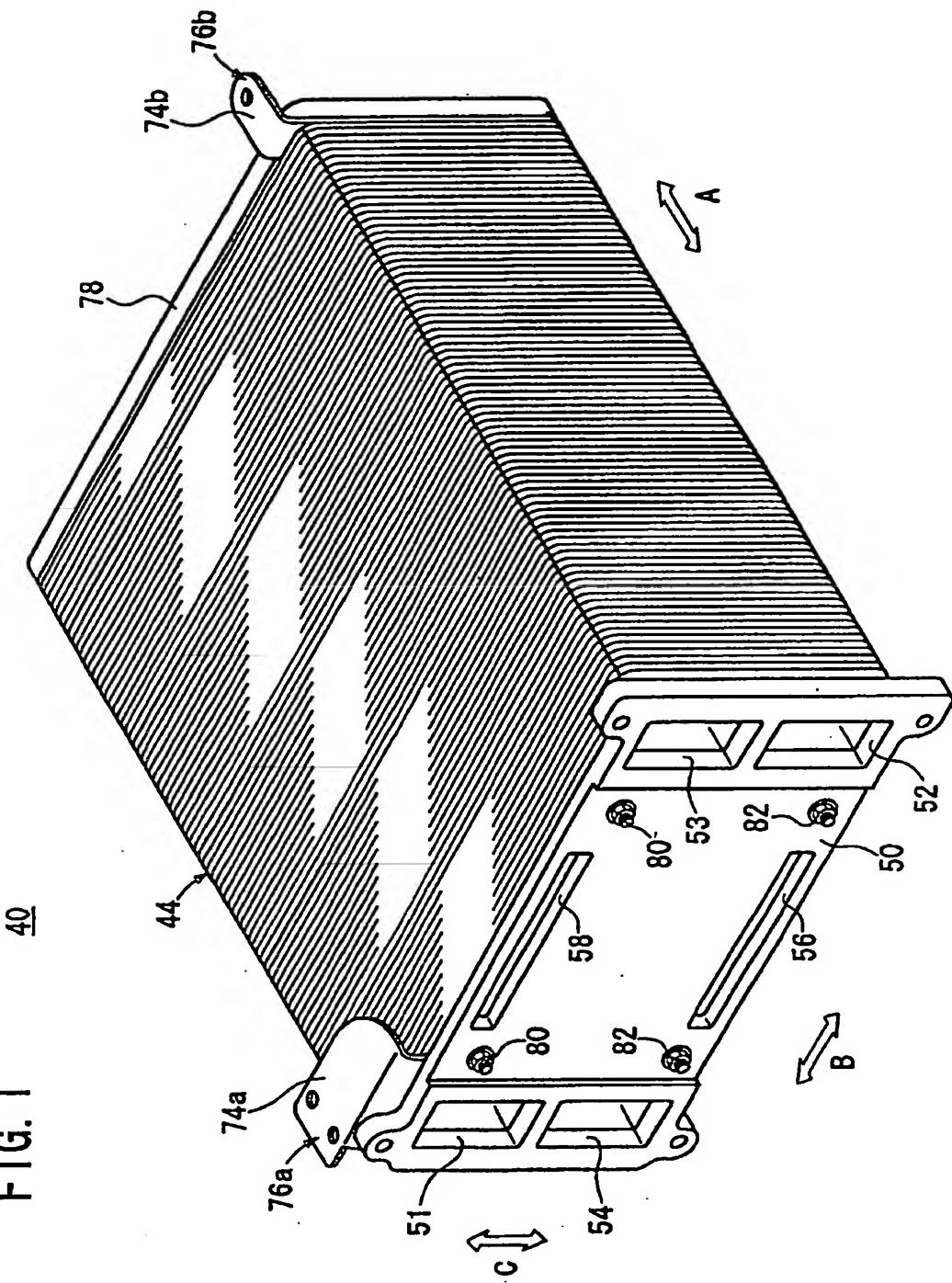


FIG. 2

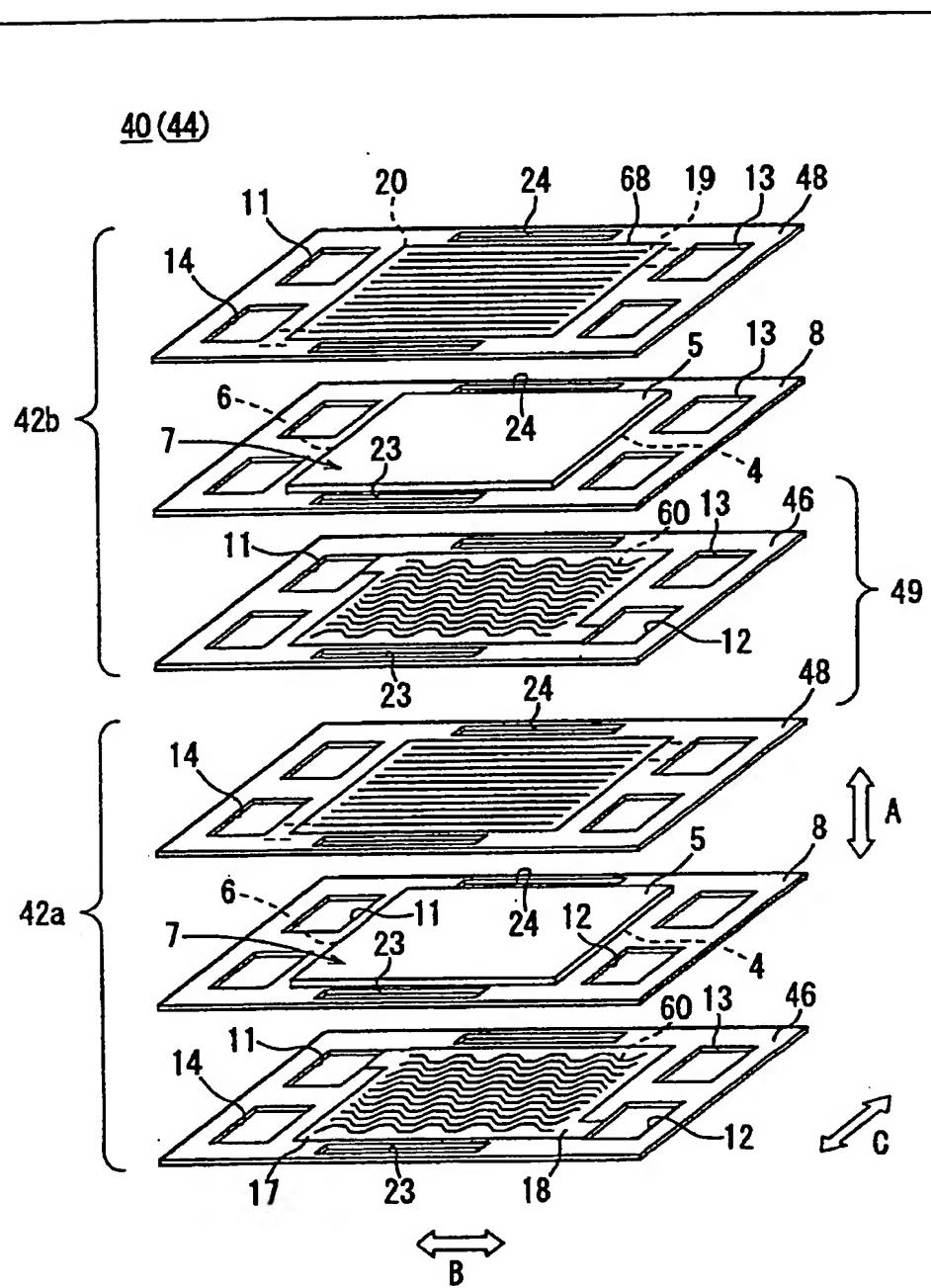


FIG. 3

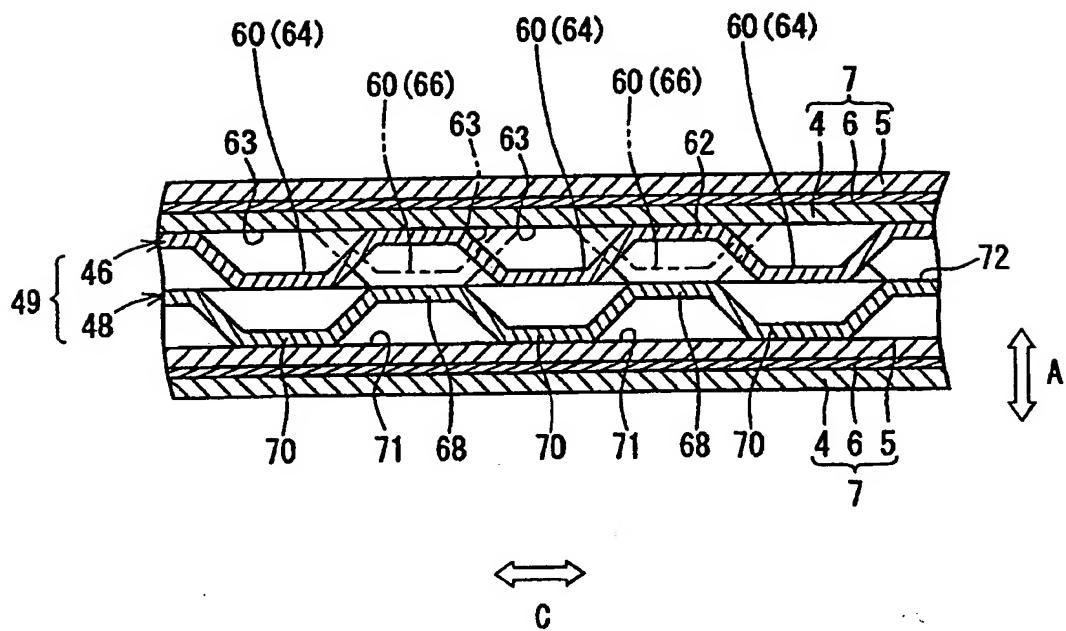


FIG. 4

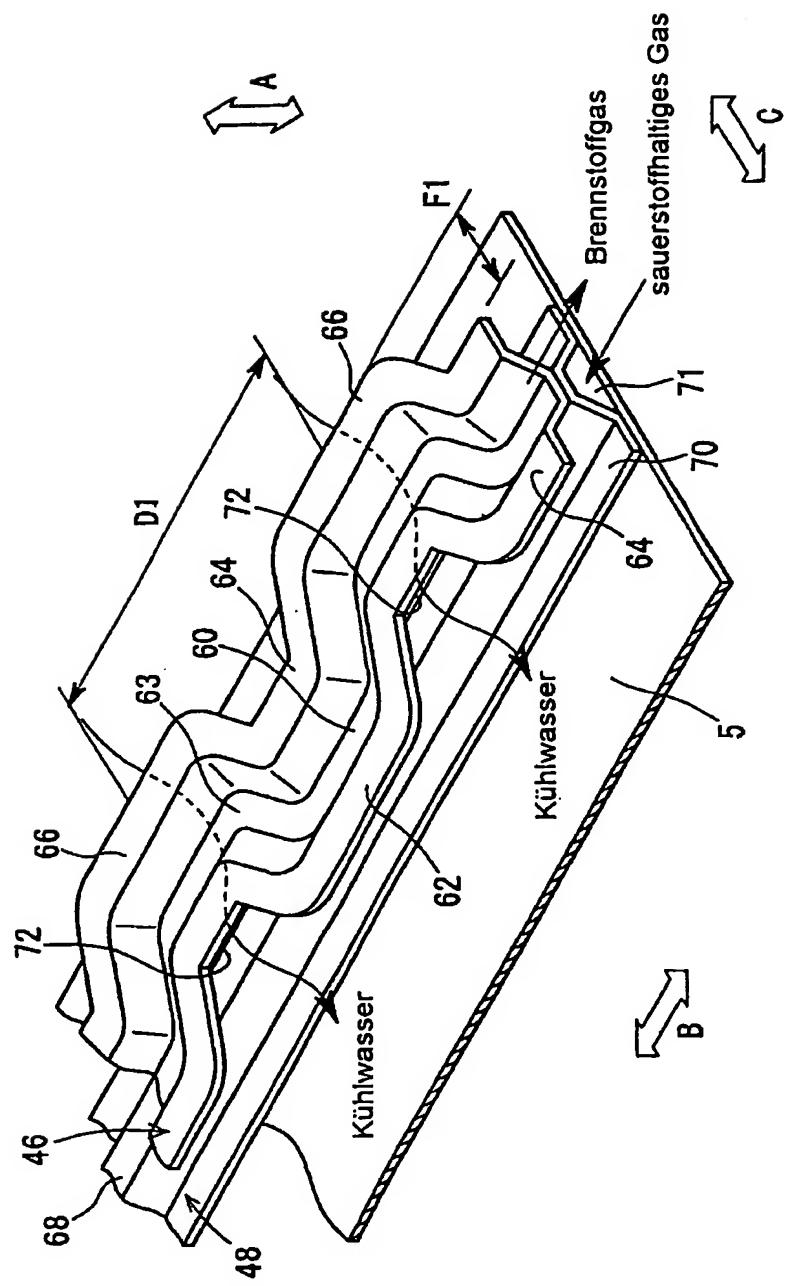


FIG. 5

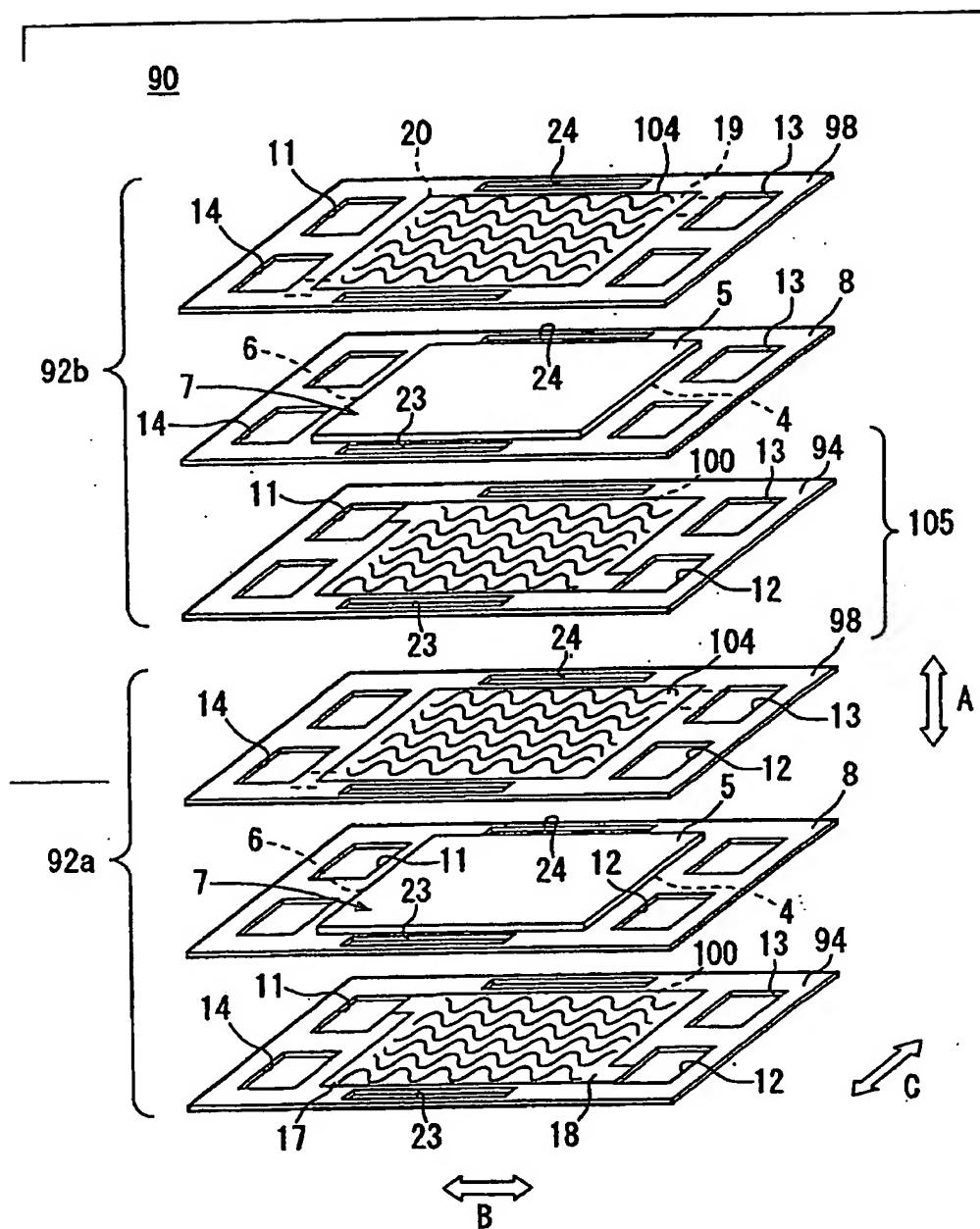


FIG. 6

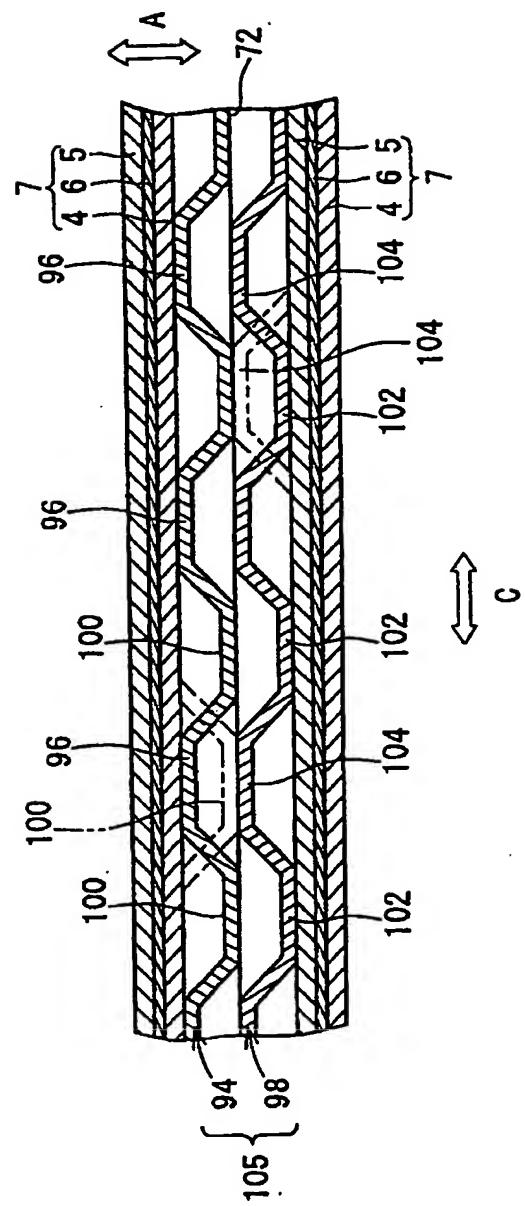


FIG. 7

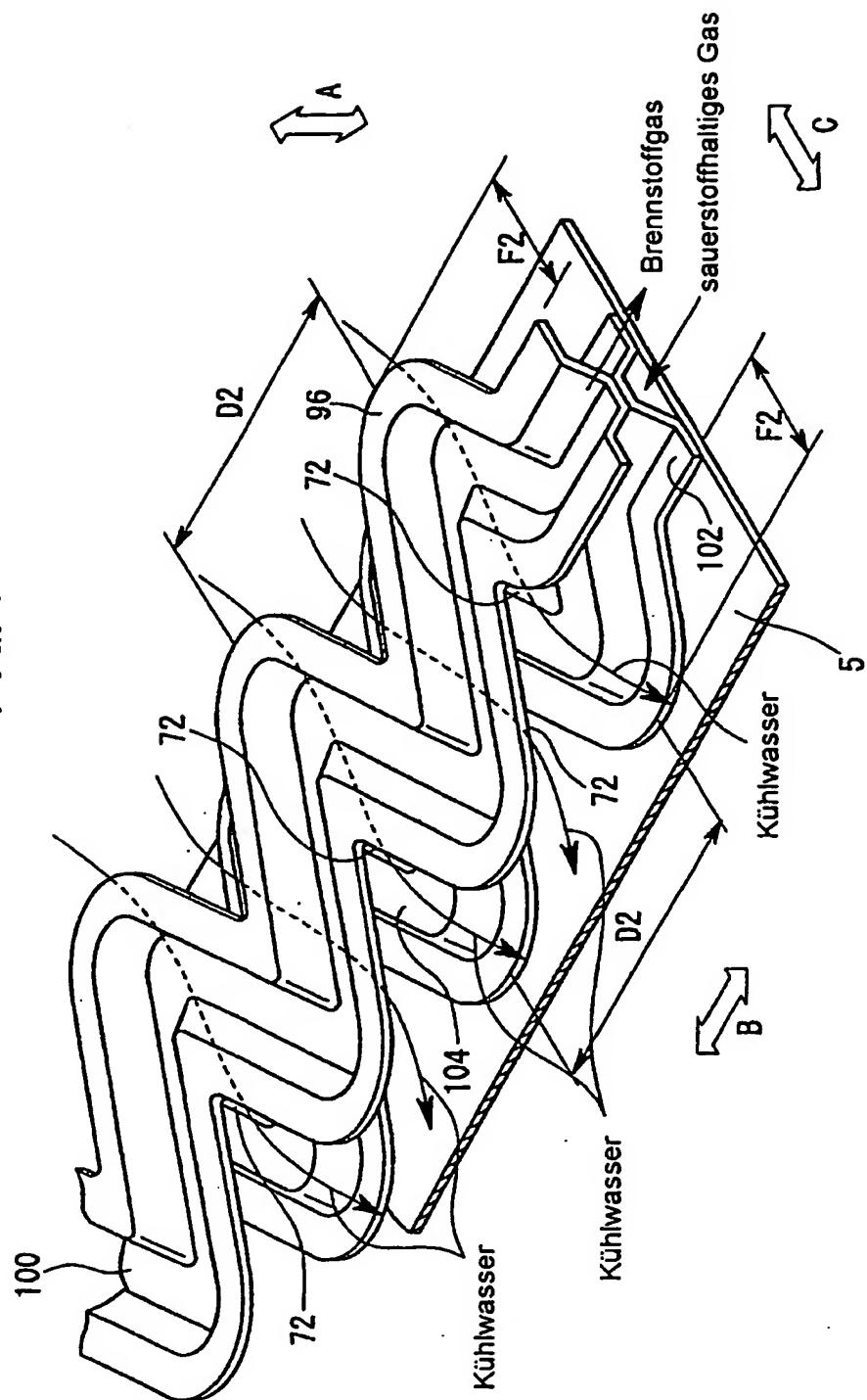


FIG. 8

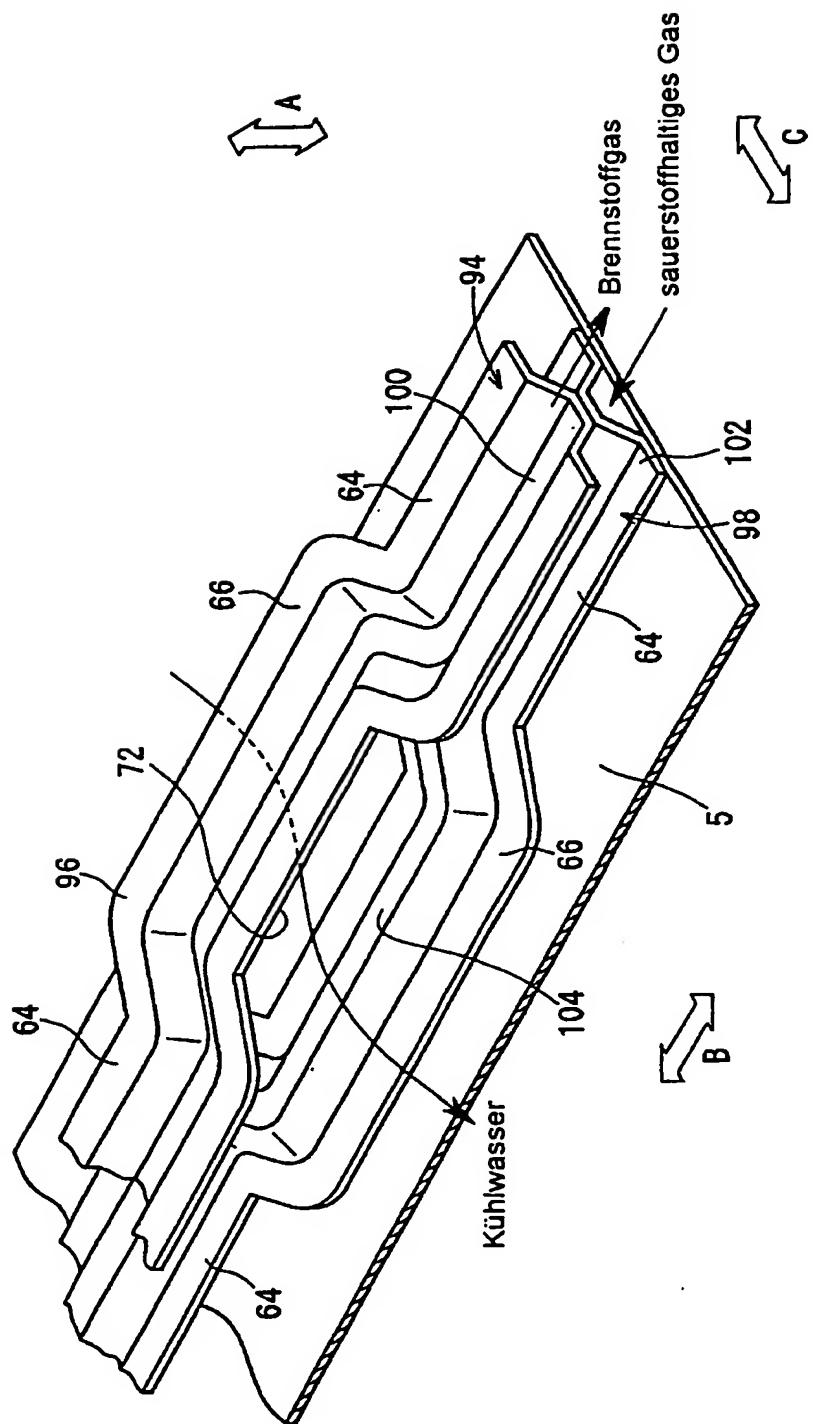
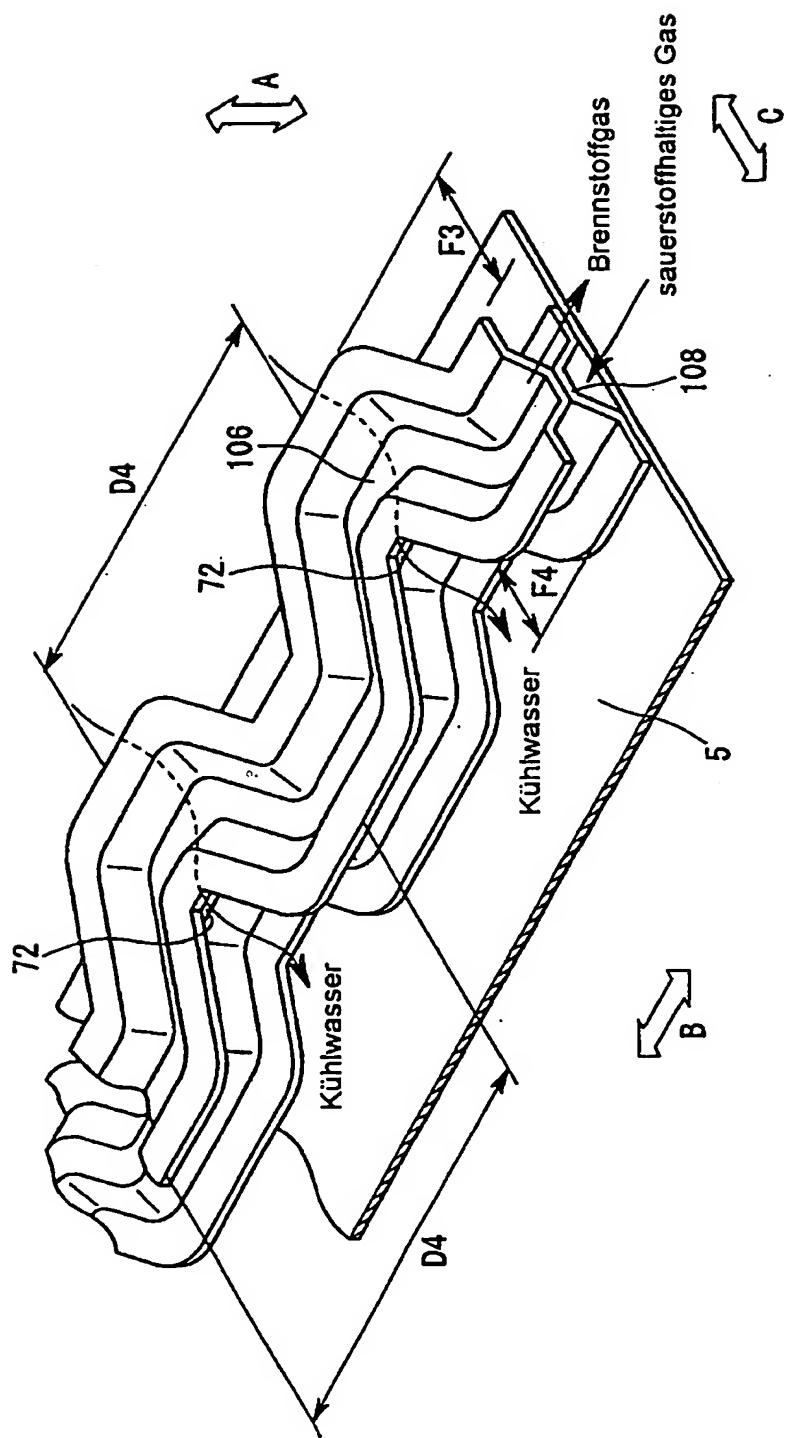


FIG. 9



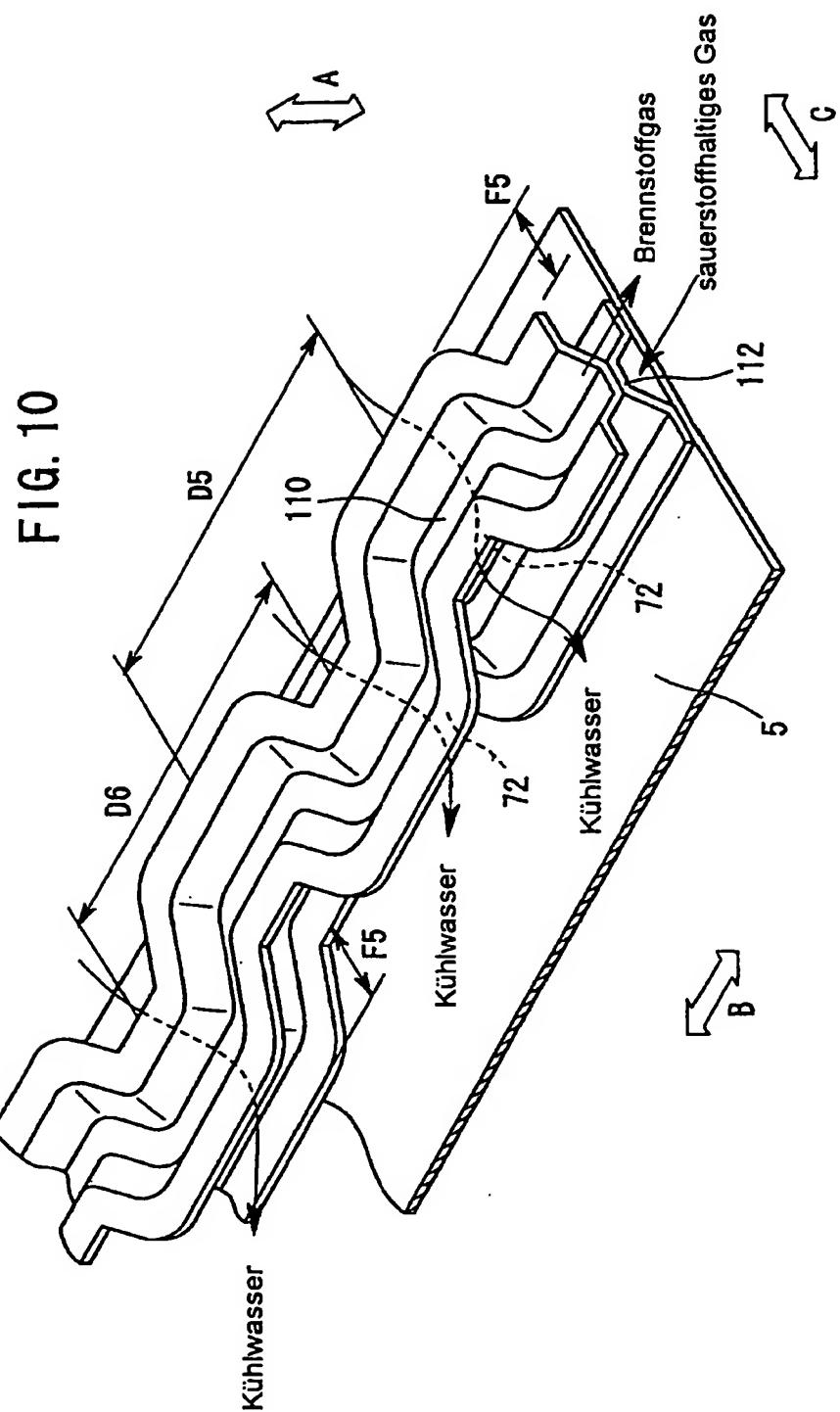


FIG. 11

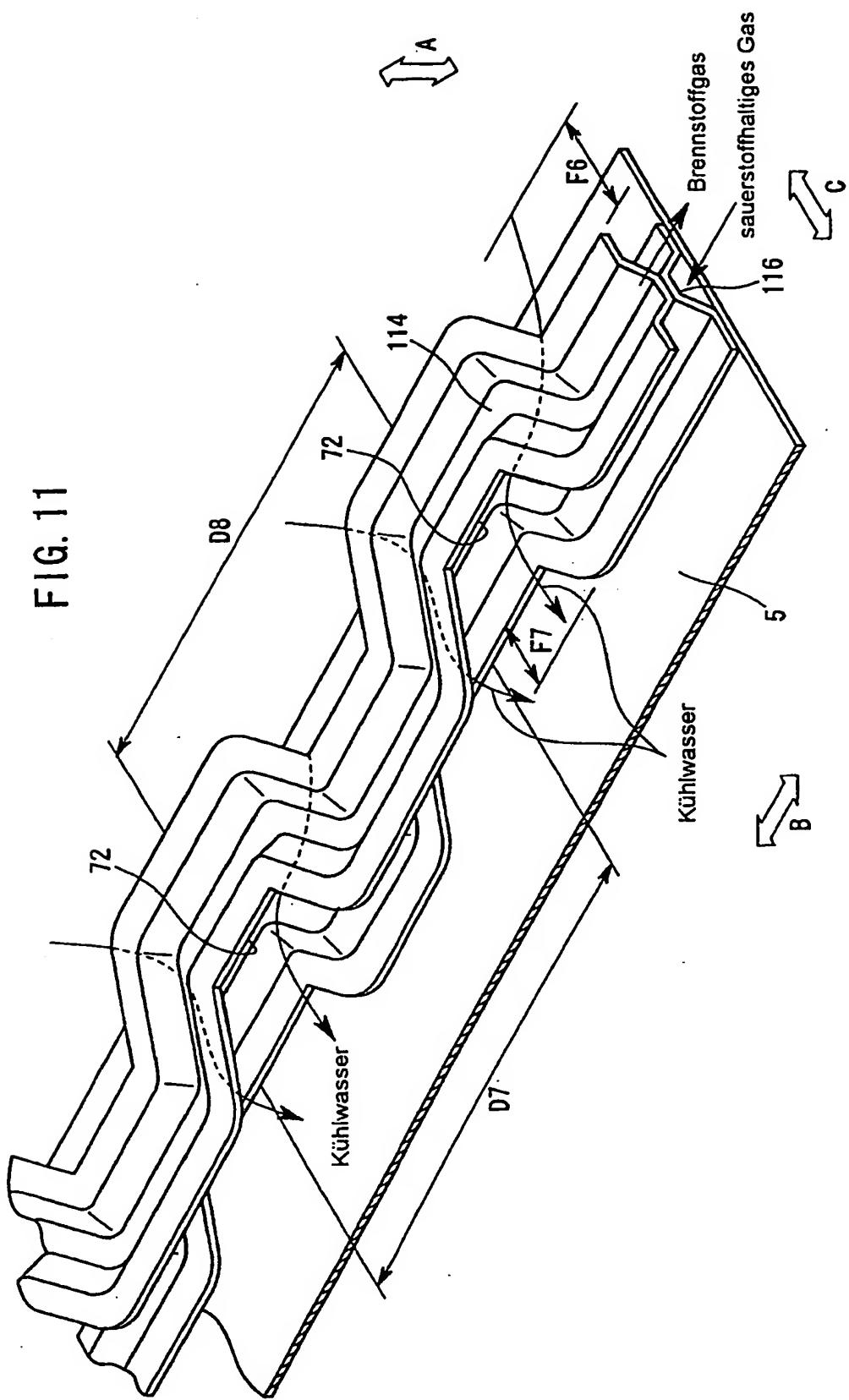


FIG. 12

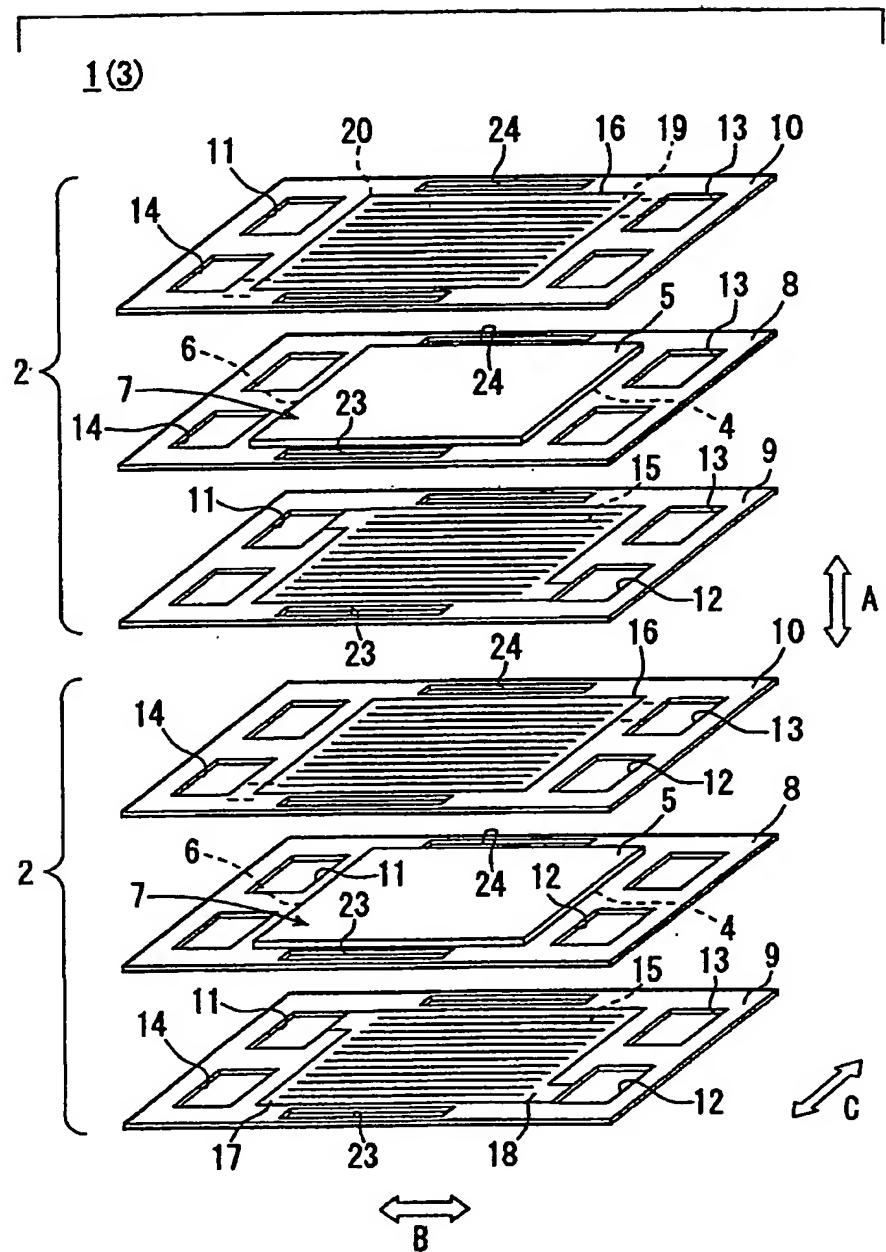


FIG. 13

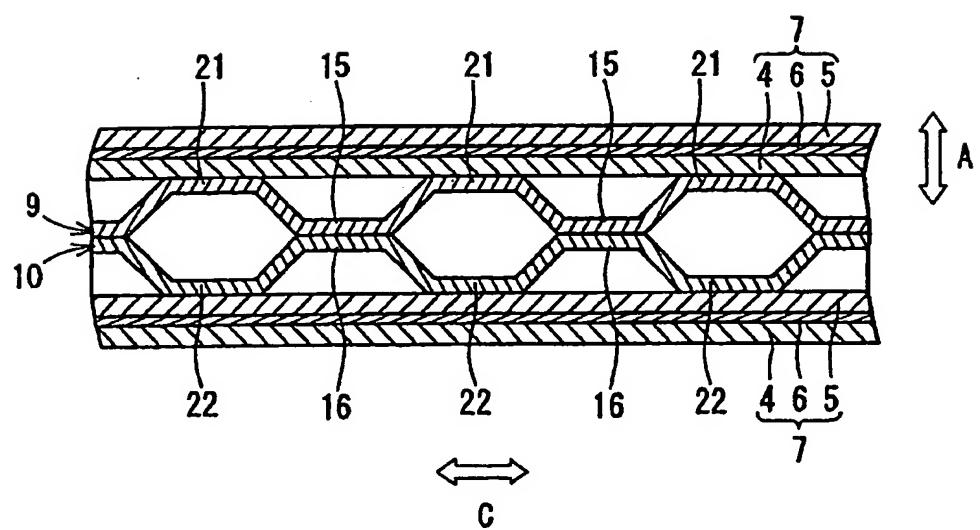


FIG. 14

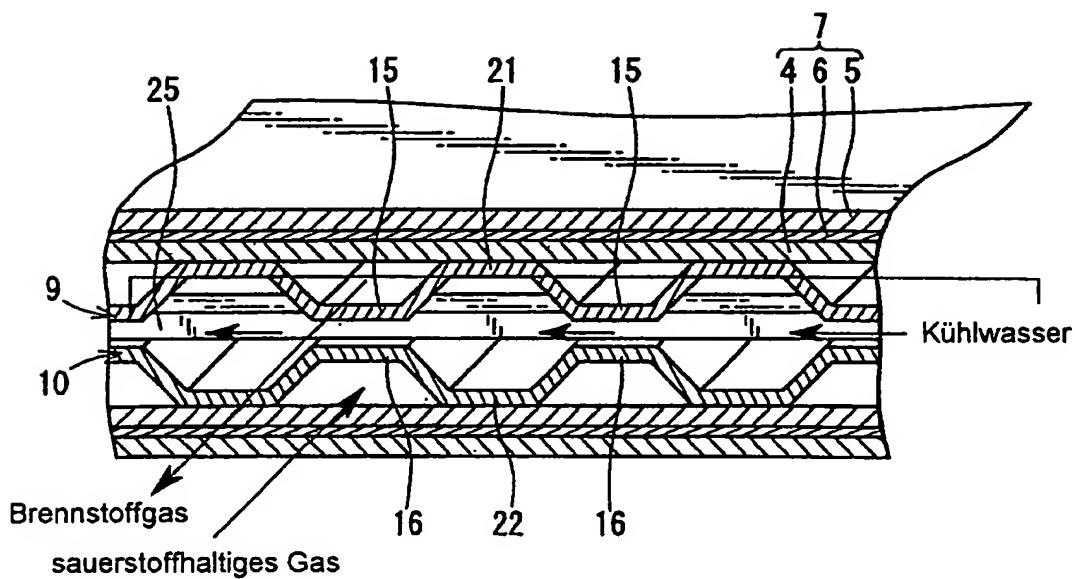


FIG. 15

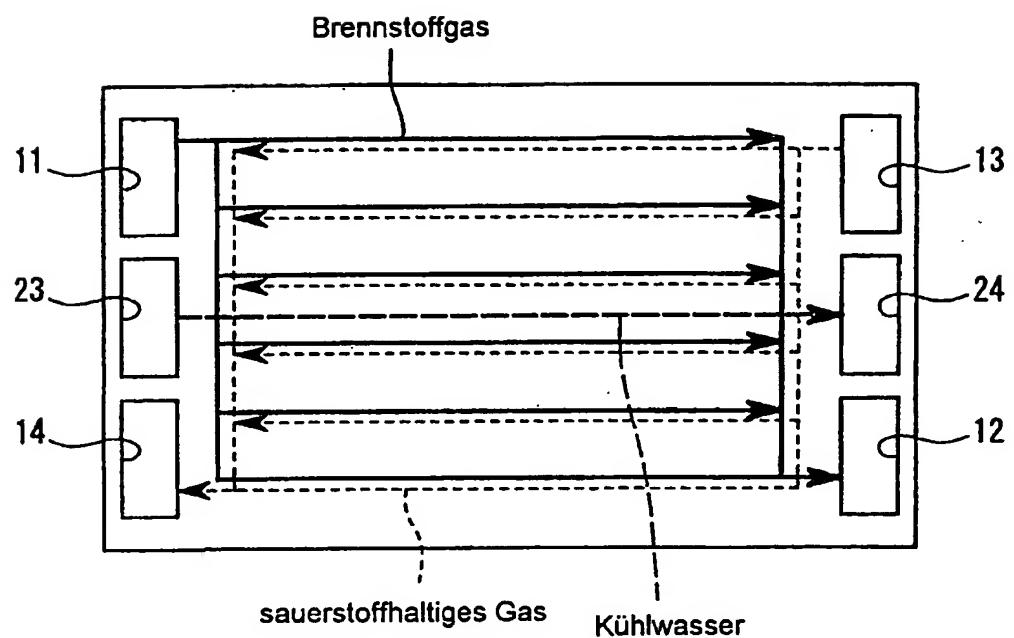


FIG. 16

